

NN31545.0287

VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

Een oriënterend onderzoek naar het kostenniveau
van leidingonderhoud en de invloed van de wand-
ruwheidsfactor op de exploitatiekosten

NOTA ne 287

ir. A.J. Flach en J. Pieters

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**I. Inleiding

Bij het berekenen van leidingprofielen voor het ontwerp van een water-beheersingsplan gaat men, afhankelijk van de gekozen formule, uit van een aantal normatieve aanraken, die betrekking hebben op de:

1. maatgevende afvoer
2. wandruwheidsfactor
3. verhouding bodembreedte-waterdiepte
4. drooglegging
5. taludhellingen
6. bodemverhang

Extreem gekozen normen leiden vaak tot een minder economisch ontwerp: van alle problemen die bij een ontwerp aan de orde komen zal naar een evenwichtige keuze moeten worden gestreefd naar evenredigheid met het belang, dat elk van die problemen kenmerkt.

De moeilijkheid schuilt veelal in de omstandigheid, dat men van een aanname moet uitgaan, die in feite niet als een constante waarde te realiseren is. Dit geldt met name voor de wandruwheidsfactor. Elke andere in de praktijk optredende waarde dan de bij het ontwerp aangenomen norm geeft een gewijzigd stromingsbeeld, waarbij zich tevens het debiet, natte leidingprofiel en de drooglegging anders instelt.

De wandruwheid blijkt vooral te variëren met de mate waarin begroeiing in de leidingen optreedt.

Een laag gekozen normatieve wandruwheidsfactor bij het ontwerp maakt het plan duurder in aanleg en een te optimistische keuze beïnvloedt de jaarlijks noodzakelijke onderhoudskosten (nodig om de wandruwheidsfactor op het niveau te randhaven).

Daarnaast spelen organisatorisch-technische problemen van de zijde der beheerder een grote rol, tot uitdrukking komende in bijvoorbeeld de mate van personeelsbezetting.



11 FEB. 1998

1783897

Het navolgende beoogt een inzicht te geven omtrent de aard en omvang van het kostenpeil bij het leidingonderhoud, zomede de invloed na te gaan van de wandruweheidsfactor op de aanleg- en onderhoudskosten. (exploitatiekosten).

II. De problematiek van het leidingonderhoud

Onderhoud van het leidingstelsel is noodzakelijk teneinde deze in conditie te houden en een vastgestelde waterstand zoveel mogelijk te handhaven. Dit houdt in, dat de drooglegging gedurende de zomerperiode, wanneer door een geringe neerslag en hoge verdampingsgraad de vastgestelde waterstand niet wordt bereikt, door de optredende leidingvegetatie in gunstige zin wordt beïnvloed; de waterstand is ten gevolge van de begroeiing bij lagere afvoer hoger. Ozenschijnlijk lijken hierdoor de onderhoudswerkzaamheden tot bijvoorbeeld juli-augustus bepaaldelijk overbodig. Bij verwaarlozing van het onderhoud in de eerste zomermaanden zou de begroeiing echter ook in de grotere leidingen zich dermate sterk ontwikkelen, dat een plotseling optredende regenintensiteit direct tot **ongewenste gevolgen** zou kunnen leiden; grotere leidingen hebben relatief een geringer bergend vermogen dan de kleine leidingen. Bovendien zou immers in een kort tijdsbestek een zeer grote oppervlakte gemaaid moeten worden (en geharkt), hetgeen met de over het algemeen geringe arbeidsbezetting van de waterschappen niet mogelijk gemaakt moet worden. Uit tabel 1 valt af te leiden dat gemiddeld per ha eenmalige bewerking 0,64 % gereinigd moet worden; per waterschap blijkt nogal variatie op te treden, beïnvloed door de drooglegging, (landgebruik) en leidingdichtheid.

Tabel 1 . Leidingoppervlakte van 5 Drentse waterschappen (in eigen onderhoud en beheer)

1	2	3	4	5	6
waterschap	leidingnet			$\frac{5}{2} \times 100$	
Naam	gebiedsgrootte in ha	oppervl. taluds in ha	oppervl. bodem- onderdeel in ha	totaal te bewerken oppervl. in ha	percentage leidingoppervl. t.o.v. gebiedsgrootte
Oostermoersche Vaart	24 000	83,4	122,3	205,7	0,86
Middenveld	15 600	27,0	25,8	52,8	0,34
Wold A	15 000	56,9	83,3	140,2	0,93
Vledder- en Wapperveense A	15 400	45,4	65,5	110,9	0,71
Riegnmeer	10 000	16,2	18,2	34,4	0,34

Aangezien de vegetatie als een piekbegroeiing optreedt, waarbij dan in een kort tijdsbestek veel werk gepresteerd moet worden, zal het onderhoud zich trachten te richten op het voorkomen van onkruidgroei; een bijkomend voordeel is, dat alle onderhoudsmethoden effectiever kunnen worden verricht. De schakelmethode, het reinigen met een veegboot of tractor + V-vormig mes geven geringere resultaten bij zwaardere begroeiing. Uiteraard is ook het verwijderen van de gemaaide vegetatie uit het leidingprofiel bij sterke groei veel kostbaarder. Op grond van genoemde overwegingen is het duidelijk, dat tijdens het gehele groeiseizoen het onderhoud regelmatig dient plaats te vinden. Regeling van de waterstand kan nauwkeuriger in de hand worden gehouden door middel van kunstwerken.

De problematiek van het leidingonderhoud richt zich voornamelijk op de factoren:

- . laag houden van de onderhoudskosten
- . de beschikbare personeelsbezetting
- . de werkcapaciteit
- . de werkmethodieken

Ten aanzien van deze factoren heeft het gemechaniseerd onderhoud een gunstig effect op het kostenpeil, omdat de werkcapaciteit hoger ligt ten opzichte van het conventionele onderhoud. In verband met de beperktheid van de jaarlijkse haalbare draaiuren (ca. 720 draaiuren) is de kostprijs van het werktuig in relatie met de capaciteit belangrijk (figuur 1). De draaiurenkosten blijken sterk toe te nemen indien de praktische capaciteit beneden de 500 draaiuren per jaar daalt. Boven dit aantal zijn de draaiurenkosten grotendeels afhankelijk van de kosten van personeelsbezetting.

Omdat het kostenniveau van het onderhoud een in de tijd stijgende tendens vertoont, is het wenselijk deze kosten met betrekking tot de kosten van aanleg (primaire kosten) en ten aanzien van het ontwerp na te gaan.

Hiervoor werd gekozen een variërende wandruweheidsfactor; indirect is er zowel voor de aanleg- en de onderhoudskosten een reflecterend verband aanwezig ten aanzien van deze wandruweheidsfactor. In figuur 2 is het verloop van de wandruweheid in de tijd, tengevolge van optredende leidingvegetatie voor enkele leidingen weergegeven. Duidelijk blijkt het effect van het onderhoud op het gedrag van de leidingweerstand.

Hoewel aan de gegevens (wegens de beperktheid) alsnog een betrekkelijke

Werktuigkosten per draai-uur in guldens

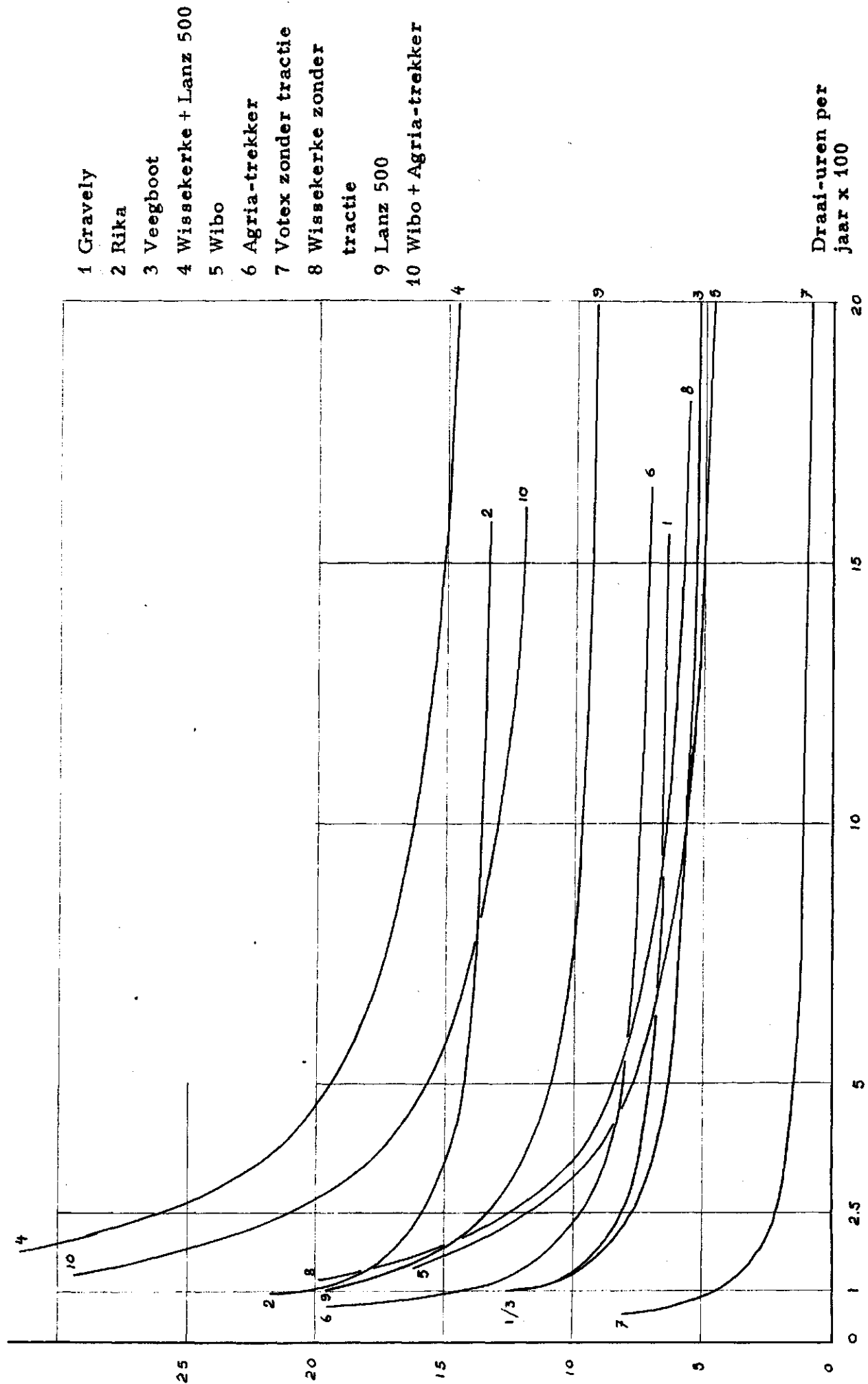


Fig. 3 Draai-uurkosten van de werktuigen in relatie met de praktische draaiuren per seizoen

waarde mag worden gehecht, is het langs rekentechnische weg mogelijk gebleken een verband te leggen tussen de wandruweheidsfactor en het te verrichten onderhoud. Immers is het aldus mogelijk het aantal malen onderhoud per jaar voor een gekozen wandruweheidsfactor na te gaan; op grond van uitkomsten van verzamelde onderhoudgegevens (onderhoudsjaar 1963) konden voor bepaalde typen van leidingen de onderhoudskosten worden berekend.

III. Methoden van onderhoud

Het onderhoud is qua uitvoeringsmethode in drie groepen te onderscheiden:

1. in handkracht
2. met onderhoudswerktuigen
3. plantenbestrijding door middel van bespuiten met mechanische middelen

Resultaten met de sub 3 vermelde methode konden, hoewel deze methode toepassing vond, niet duidelijk worden berekend met betrekking tot het effect van optredende groeivertraging, reden waarom deze methode van onderhoud buiten beschouwing is gelaten.

In handkracht wordt gewerkt met de zeis of met het schakelmes. Voor het gemechaniseerde reinigen werden de navolgende werktuigen gekozen:

1. Gemechaniseerd onderhoud van de onderhoudspaden:

- . Gravely met een werkbreedte van 0,70 m'
- . Votex met een werkbreedte van 2,20 tot 3,60 m', afhankelijk van het aantal maaischijven
- . Agria-maaier met een aan het front gemonteerde maaibalk (werkbreedte ca. 0,70 m').

2a. Voor het onderhoud van de smalle taluds en geringe breedte van het onderhoudspad:

- . Rika, uitgerust met maaibalken lang 1,00 m' en 1,80 m'
- . Agria-maaier met zij- of frontbalk, werkbreedte ca. 1,20 m'.

2b. Voor de bredere taluds:

- . Wibo, gekoppeld aan een 12 P.K. Agria-trekker, uitgerust met maaibalk- en harkgarnituur (maximale werkbreedte 2,20 m') of voorzien van de verlengde maaibalk (werkbreedte ca. 1 m'). Het in dezelfde arbeidsgang maaien en harken met de verlengde maaibalk is niet mogelijk.
- . De Wissekerke maaibalk- en harkuitrusting, met een extra maaibalk, lang 2,20 m'

3. Werktuigen voor het reinigen van de bodem vegetatie:

- . tractor + V-vormig mes, ruksgewijs voortbewogen via een staaldraad, vanaf een excentriek. Het V-vormig mes kan eveneens worden vervangen door een onkruidegge.
- . de veeghoot, uitgerust met een 12 P.K. dieselmotor, dienende voor de voortbeweging van de boot en het ruksgewijs voortbewegen van een V-vormig mes.

Andere werktuigen met een overeenkomstig werkbereik zijn buiten beschouwing gelaten omdat praktijkgegevens betreffende de werkprestatie niet bekend waren. Voor een gedetailleerde bespreking van de genoemde onderhoudswerktuigen kan worden verwezen naar:

1. Nieuwe machines op de slootreinigingsdemonstratie te Griendtsveer Waterschapbelangen 1962 - no. 24
2. Mechanisch onderhoud van waterleidingen in het Waterschap "De Oostermoersche Vaart" (G. Greving) Cultuurtechniek 2 (1964) 1 en 2.

Voor een beter overzicht werden voor de onderhoudsmethoden de volgende symbolen gekozen:

Handkracht (M + H) Het reinigen van leidingvegetatie door werknemers met eenvoudige handwerktuigen. Het tussen haakjes geplaatste heeft betrekking op het maaien inclusief harken.

mechanisch Het reinigen van leidingvegetatie met werktuigen of combinatie van werktuigen en tractoren, mede inbegrepen de hiervoor benodigde bediening.



Maaien in handkracht met de zeis



Maaien in handkracht met het schakelmes of kettingzeis.

A. mechanisch maaien of harken van taluds:








Agria met een aan het front gemonteerde balk voor het maaien van bermen en taluds (met flauwe helling).





Agria, uitgevoerd als talud-maaier





Rika, taludmaaier

-  Wibo met Agria-trekker, maai-combinatie.
-  idem, uitvoering als maai-hark combinatie
-  Wibo met Agria-trekker, uitvoering met verlengde
+ maai balk
-  Tractor met gemonteerde Wissekerke-maaigarnituur
-  Tractor met Wissekerke-harkinstallatie, links of
rechts gemonteerd

B. mechanische reiniging van het bodemonderdeel.

-  mechanisch maaien met tractor + V-mes
-  maaien met veegboot + V-mes

C. maaien van bermen met

-  Gravely-maaier, werkbreedte 0,70 m'.
-  Tractor uitgerust met de Votex-maaier.

In tabel 2 zijn enkele bijzonderheden, afmetingen en huidige aankoopsprijzen van de werktuigen of combinaties van werktuigen met tractie weergegeven met de minimum benodigde breedte van het onderhoudspad in verband met de werkruimte. De toepassing van een veegboot maakt een onderhoudspad overbodig voor wat betreft het maaien van de leiding. Wel is een minimale waterdiepte vereist van 0,50 m'. Eveneens dient te worden vermeld dat de aanwezigheid van obstakels (kunstwerken e.d.) in de leiding belemmerend werkt, hoewel meestal met eenvoudige hulpmiddelen de veegboot over het object kan worden verplaatst. Bij de taludmaaiers is de Wibo uitgerust met een verlengde maai balk (aangeduid met de letter L) welke het mogelijk maakt dat een taludbreedte van in totaal 300 m' kan worden gemaaid.

Tabel 2

Werktuigen c.o. combinaties van werktuig en tractie bij het leidingonderhoud

Kolom	1	2	3	4	5	6
naam werktuig of combinatie		Benodigd minimum onderhouds- pad in m'	Motorvermo- gen in pk	Werkbreedte in m'	Gemiddelde bediening per draaiuur in manuren	Kostprijs in guldens
Agria met frontbalk		0,50	6	1,20	1,0	2 000
Agria met taludbalk		0,50	6 - 8	1,20	2,0	3 100
Rika		0,60	6	1,35 en 1,50 *	3,0	2 700
Wibo met Agria		1,20	12	1,8, 2,2 en L 3,0	1,5 en L 2,0	14 000
Wissekerke met tractor		2,00	25 - 35	1,5 en 2,0	1,7	18 000
Tractor + V-mes		1,20	20 - 25	-	2,0	8 500
Veegboot		0	11 - 22	minimale water- diepte 0,5 m'	1,0	12 000
Gravely		0,70	6,5	0,70	1,0	2 500
Votex met tractor		2,00	35	2,00 - 3,60	1,0	3 000

* In sommige waterschappen worden de maai balklengten gewijzigd in 1,50 m' en 1,80 m'

IV. Capaciteitsnormen en kosten

In tabel 3 zijn enkele berekende normen uit verzamelde gegevens over het onderhoudsjaar 1963 weergegeven (I.C.W.-nota, 295 Pieters, Flach) voor enkele werkmethoden.

In kolom 45 is de bewerkte onderdeelsbreedte vermeld (gewogen gemiddelde van alle waarnemingen) per werkmethode; mogelijk is deze van invloed op de behaalde werkcapaciteit en beperkt de geldigheid tot binnen dit gebied.

Onder het begrip werkcapaciteit werd verstaan (afhankelijk van de uitvoeringstechniek) voor:

- a. maaien in handkracht met de zeis; de voortgang per manuur
- b. maaien met het schakelmes ; de voortgang per 2 manuren
- c. machines, voorzien van een maaibalk of harkgarnituur dan wel een combinatie van afzonderlijke werktuigen (tractie): de voortgang van het werktuig of combinatie van werktuig en tractie per draaiuur

Het arbeidsverbruik is de benodigde arbeid in manuren of werktuiguren per eenheid van leidingoppervlakte, en dit is dus gelijk aan de reciproke waarde van de werkcapaciteit.

De werkcapaciteit voor het maaien van het onderhoudspad kon door het ontbreken van waarnemingen niet rechtstreeks worden bepaald; voor deze capaciteit is daarom een waarde aangehouden, overeenkomende met de in handkracht bewerkte onderdelen van de berm en taluds, zoals deze uit waarnemingen kon worden berekend (180 m^2 per manuur).

De arbeidsbesparing (kolom 6) bij het gemechaniseerd taludonderhoud is in het oog springend; ten opzichte van het in handkracht maaien werd deze voor de verschillende aangewende werktuigen berekend, (tabel 4) waaruit blijkt dat vooral de Wibo relatief weinig bediening vraagt, in aanmerking genomen dat in eenzelfde arbeidsgang tevens wordt geharkt.

Bij de Wissekerke is dit door de zwaardere constructie alleen mogelijk bij een zeer vaste grondslag.

Tabel 3 Capaciteitsnormen en arbeidsverbruik van enkele uitvoeringstechnieken bij het onderhoud

kolom	Uitvoeringstechniek van het onderhoud	Leidingonderdeel	Werkcapaciteit		Arbeidsverbruik per ha bewerkte leiding	
			m ² leidingoppervlak	gemiddelde breedte van bewerking	manuren	werktuiguren
1		berm	180	0,75	55,5	-
2		berm	980	1,25	10,2	10,2
3		berm	3080	1,95	3,2	3,2
4		talud	100	2,00	91,0	-
5		talud	840	2,80	23,8	11,9
6		talud	1480	1,65	20,4	6,8
7		talud	1320	2,00	11,4	1,5
8		talud	600	1,00	33,4	2,0
9		talud	2500	1,90	6,8	1,7
10		talud	2560	1,75	6,8	1,7
11		bodem	2900	5,60	6,8	2
12		bodem	2150	13,90	4,7	1

Tabel 4. Arbeidsbesparing in manuren voor het maaien van taluds

benaming werktuig	arbeidsverbruik in manuren per ha	percentage t.o.v. uitvoering in handkracht	gerefleerd t.o.v. de Wissekerke
Agria	23,8	26,2	354
Rika	20,4	22,4	303
Wibo	11,4	12,5	169
Wissekerke	6,7	7,4	100

Het blijkt dat het arbeidsverbruik bij maaien in handkracht min of meer samenhangt met de breedteklasse van de leiding (fig. 3).

Zet men namelijk voor deze werkmethode de breedte van het bodemonderdeel uit tegen de werkcapaciteit in m^2 per manuur, dan neemt de gemiddelde capaciteit per m^2 toe bij grotere leidingbreedte. Bij het reinigen met het schakelmes is eenzelfde tendens in mindere mate merkbaar (fig. 4).

Hieruit volgt dat het maaien van de kleine leidingen relatief duurder is, hetgeen veroorzaakt wordt door:

1. Het maaien van kleine leidingen kost relatief meer tijd dan de grotere, omdat het hanteren van de zeis moeilijker is, waardoor het maaien met volle slagen niet mogelijk is. De kleine taluds zijn meestal eveneens steiler opgezet
2. Kleine leidingen zijn als regel aetherent aan een geringere waterdiepte, de vegetatie is hierdoor intensiever en van andere aard; er komen steviger stengelplanten voor.

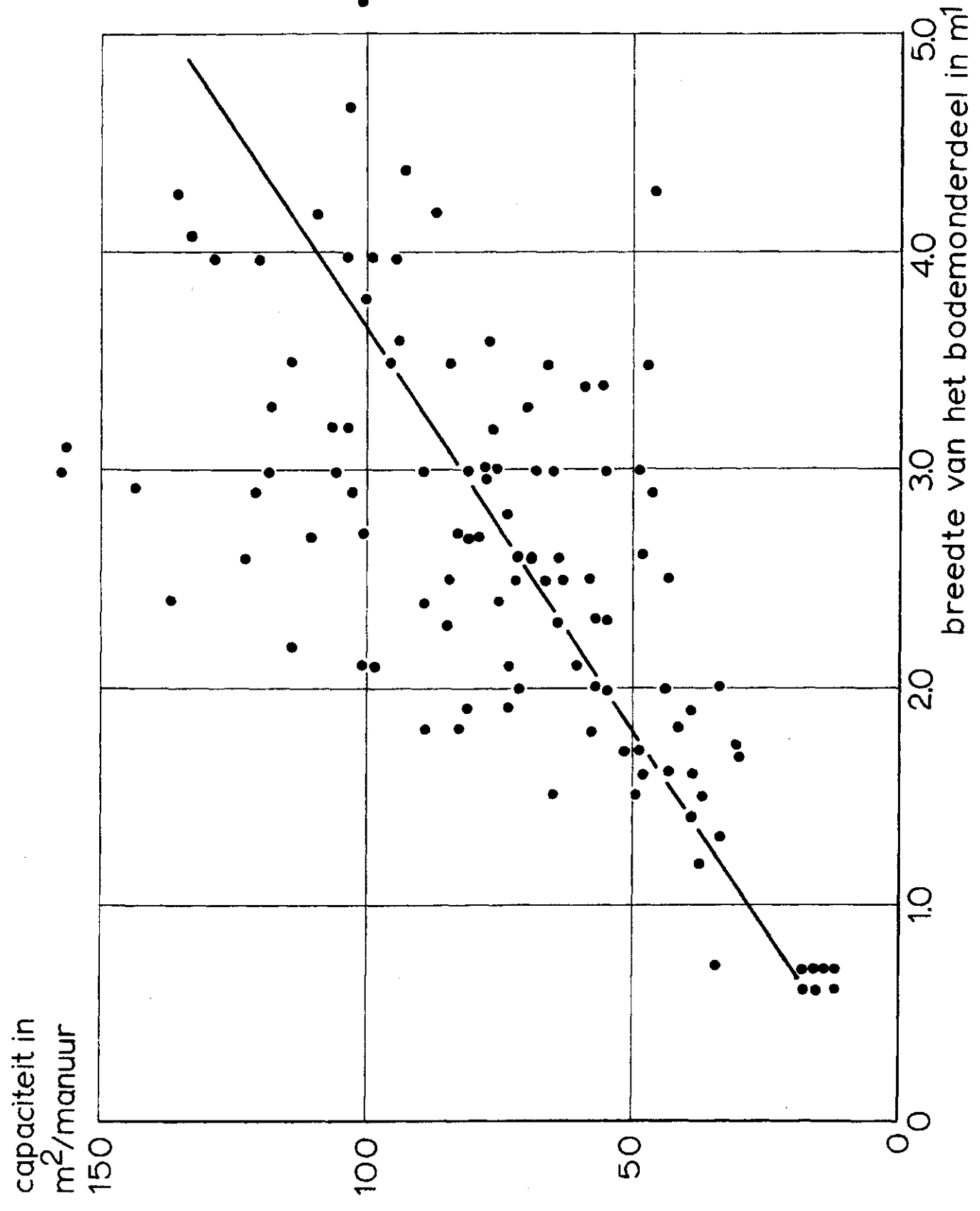
Gezien het grote, doch regelmatige spreidingsgebied van de waarnemingen is het niet zinvol geoordeeld, een capaciteitsverloop te berekenen met de methode van de minimum kwadraten, doch werd een rechtlijnig verband gedacht, zodanig, dat ter weerszijden ongeveer dezelfde aantallen waarnemingen voorkomen. Een overeenkomstig verloop is aangenomen voor het werken met de schakelmesmethode.

De kosten zijn berekend naar een uurloon van f 3,50 en de werktuigkosten per draaiuur overeenkomstig figuur 1 bij een praktische werkduur van 720 draaiuren. Aangenomen is de onderhoudsperiode van mei tot november, dus ca 6 maanden; de bruto arbeidstijd is dan te stellen op $6 \times 22 = 132$ werkdagen, van ieder 9 werkuren. Van de werktuigen is een werkbaarheidsfactor gekozen van 60% uitgaande van de volgende arbeidsverliezen:

- . onwerkbaar weer gemiddeld 10%
- . omrijden, passages e.d. 10%
- . oponthoud door schade en onderhoud 20%

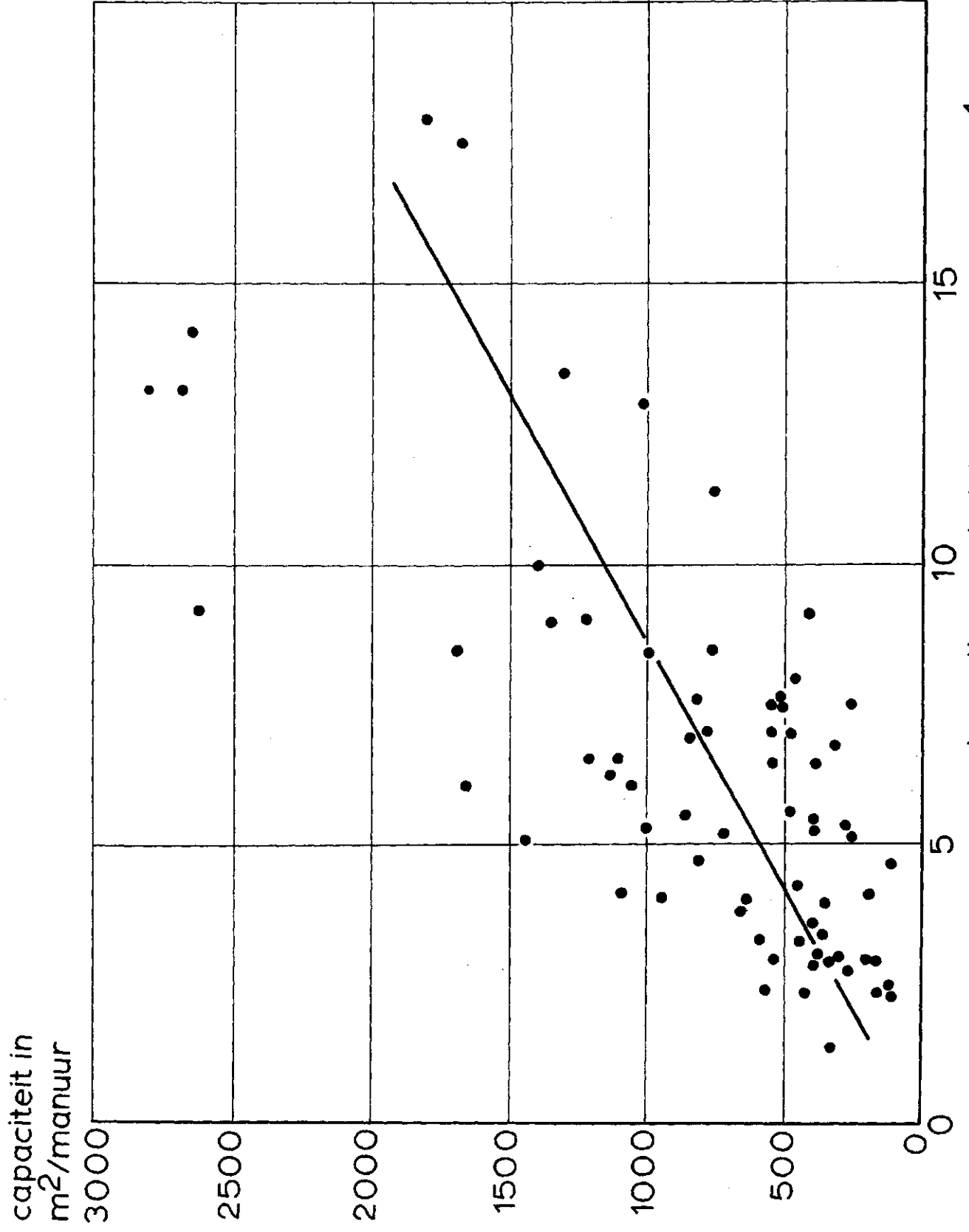
MAAIEN MET DE ZEIS IN HANDKRACHT

Fig 3



MAAIEN MET HET SCHAKELMES IN HANDKRACHT

Fig.4



enkele bewerking, berekend naar de oppervlakte-eenheid













2	3	4	5	6	7	8
Kosten per m ² leidingoppervlak (in centen) van						
ing-deel	maaïen	verletten door onwerkbaar weer	onderhoud en oponthoud	ruimen en har-ken v. d. vegetatie	totaal	Opmerkingen
m	1,94	0,19	-	-	2,13	
m	0,88	0,09	0,18	-	1,15	3,4*
m	0,57	0,06	0,12	-	0,75	
id	3,50	0,35	-	1,00	4,85	
id	1,15	0,12	0,23	1,00	2,50	
id	0,95	0,10	0,19	1,00	2,24	
d	1,08	0,11	0,22	-	1,41	
d	2,37	0,24	0,47	0,71	3,78	
d	0,70	0,07	0,14	-	0,91	7,2**
d	-	0,07	0,14	0,68	0,89	
m	0,35	0,04	0,07	0,37	0,83	
m	0,28	0,03	0,06	0,37	0,74	

er jaar tengevolge van breder onderhoudspad (0,70 m')

er jaar tengevolge van breder onderhoudspad (1,50 m')

Figuur 5

Kostenniveau onderhoud per enkele bewerking, berekend naar de oppervlakte-eenheid (m² leidingoppervlak)

Kolom	1	2	3	4	5	6	7	8
Uitvoeringstechniek van het onderhoud	Leidingonderdeel	Kosten per m ² leidingoppervlak (in centen) van					Opmerkingen	
		maaïen	verletten door onwerkbaar weer	onderhoud en oponthoud	ruimen en harken v. d. vegetatie	totaal		
	berm	1,94	0,19	-	-	2,13		
	berm	0,88	0,09	0,18	-	1,15	3,4*	
	berm	0,57	0,06	0,12	-	0,75		
	talud	3,50	0,35	-	1,00	4,85		
	talud	1,15	0,12	0,23	1,00	2,50		
	talud	0,95	0,10	0,19	1,00	2,24		
	talud	1,08	0,11	0,22	-	1,41		
	talud	2,37	0,24	0,47	0,74	3,78		
	talud	0,70	0,07	0,14	-	0,91	7,2**	
	talud	-	0,07	0,14	0,68	0,89		
	bodem	0,35	0,04	0,07	0,37	0,83		
	bodem	0,28	0,03	0,06	0,37	0,74		

* extra investeringskosten per jaar tengevolge van breder onderhoudspad (0,70 m')

** extra investeringskosten per jaar tengevolge van breder onderhoudspad (1,50 m')

De tabellen 5 en 6 geven de berekende kosten voor de verschillende onderhoudsmethoden gebaseerd op:

- a. de berekende capaciteitsnormen weergegeven in de tabel 3 en de figuren 3 en 4
 - b. verletten, vanwege onwerkbaar berekend naar 10%
 - c. verletten bij mechanisch onderhoud, aangenomen op 20%
 - d. kosten van ruimen en harken
- a. De optredende verletten van omrijden, passages, reisverliezen door verplaatsing, etc. werden geacht te zijn opgenomen in de waarnemingen waarbij deze dus verdisconteerd zijn in de werkcapaciteit

tabel 6 . Capaciteitsnormen en maaikosten van het bodemonderhoud bij uitvoering in handkracht

1 breedte van het onder- deel in M'	2 werkcapaciteit in m ² /manuur		3 arbeidsverbruik in manuren per ha bewerkte leiding		4 maaikosten per m ² bewerkte leiding in centen	
	zeis	schakelmaes	zeis	schakelmaes	zeis	schakelmaes
	2,0	54	236	185,2	42,4	6,48
2,5	68	-	147,1	-	5,14	-
3,0	82	354	122,0	28,3	4,27	1,98
3,5	96	-	104,2	-	3,65	-
4,0	110	472	90,9	21,2	3,18	1,48
4,5	124	-	80,6	-	2,82	-
5,0	138*	590	78,1	17,0	2,54	1,19
6,0	156	708	64,1	14,1	2,24	0,99
7,0	184	826	54,4	12,1	1,90	0,85
8,0	212	944	47,2	10,6	1,65	0,74
9,0	240	1 062	41,7	9,4	1,45	0,66
10,0	268	1 180	37,3	8,5	1,31	0,59
11,0	-	1 298	-	7,7	-	0,54
12,0	-	1 416	-	7,1	-	0,49
13,0	-	1 534	-	6,5	-	0,46
14,0	-	1 652	-	6,1	-	0,42
15,0	-	1 770	-	5,7	-	0,40

* bij grotere breedte van het leidingonderdeel is aangenomen dat de werkcapaciteit betrekking heeft op de taludboom

2. De verletterpercentages, veroorzaakt tengevolge onwerkbaar weer blijken uit tabel 7 (I.C.W. nota 235. Ir. G.C. Weyerman en J.G. Roijackers) waarin werkbaarheidspercentages werden berekend uit neerslaggegevens te Eelde, gedurende de jaren 1957-1962 en te De Bilt gedurende de jaren 1931-1960. Hierbij is uitgegaan van de volgende overwegingen:

- . tijdens de regenperiode worden geen veldwerkzaamheden verricht
- . gedurende een even lange periode is het gewas of de grond te nat voor veldwerkzaamheden
- . de regenval is - over een langere periode bezien - gelijkmatig over de dag verdeeld

In verband met deze factoren is de geregistreeerde hoeveelheid neerslag verdubbeld en uitgedrukt als een percentage van het totaal aantal uren. De aldus verkregen gemiddelden bleken tussen beide stations weinig te verschillen; de overeenkomstige verletten zijn als gemiddelde uit alle waarnemingen berekend.

Verletten veroorzaakt door feestdagen, snipperdagen en vakantie werden niet in rekening gebracht, omdat feestdagen in deze periode weinig voorkomen (mei - november) en vakantie wegens drukte later werd opgenomen.

Uit de tabel blijkt, dat de optimale produktieve aanwending van de ploeg plaats vindt in de maanden mei en juni.

Tabel 7 . Werkbaarheidspercentages op basis neerslagen

maand	werkbaarheidspercentage		gemiddelde verletten door onwerkbaar weer
	De Bilt 1931/1960	Eelde 1957/1960	
mei	91	92	8½
juni	91	93	8
juli	90	88	11
augustus	89	87	12
september	89	90	10
oktober	87	85	14

c. De werkbaarheidsfactor voor de werktuigen is op praktische gronden berekend naar 60%

d. het harken en ruimen van gemaaide plantenresten

Het verwijderen van plantenresten is afhankelijk van de leidinggrootte, het aantal onderhoudsbeurten en de aanwezige stroomsnelheid ter plaatse in de leiding. De gemaaide taludzoombegroeiing wordt meestal naar boven gewerkt, doch de bodembegroeiing hoopt zich op nabij duikers, stuwen en dergelijke, waarna het plantenmateriaal in handkracht wordt geruimd.

Bij het maaien van smalle taluds in handkracht wordt het gemaaide materiaal tijdens het maaien, met de zeis omhooggewerkt op het onderhoudspad; de bredere taluds (meer dan 1.00 m') worden eveneens geharkt. De Wibo is tevens uitgerust met een harkinstallatie, waarbij in dezelfde arbeidsgang zowel gemaaid als geharkt wordt. Dit kan echter alleen tot een nominale breedte van ca 2.00 m'. De Wissekerke kent dezelfde mogelijkheid, waarbij in verband met de zwaardere uitvoering deze combinatie slechts mogelijk is bij zeer goede grondslag van het onderhoudspad. Met deze werkwijze is derhalve voor de Wissekerke geen rekening gehouden.

Uit waarnemingen kon worden bevestigd dat aan harken en ruimen ^{de} bestede kosten gemiddeld 30% van de maakkosten bedroegen. Overeenkomstig deze resultaten werden de maakkosten verhoogd met 30% voor het harken en ruimen voor drie onderhoudsbeurten; meerdere beurten werden telkens evenredig verminderd, waarbij als minimum de kostenniveau is aangehouden van 0,25 cent. Bij een meer intensief onderhoud neemt de hoeveelheid plantenmateriaal af, terwijl bovendien in grotere (dus diepere) leidingen een geringere vegetatie optreedt.

Rekening houdende met genoemde argumenten, is in de tabel 5 aan kosten voor harken en/of ruimen toegerekend:

- . het harken van taluds 100 cent (ca. 30% v.d. maakkosten in handkracht)
- . het harken met de Wissekerke-harkgarnituur, rechtstreeks berekend uit waarnemingen = 68 cent
- . bodem-vegetatie ruimen en harken (gemaaid met tractor en V-mes) = 0,37 cent (ca. 15% v.d. gemiddelde maaijk. van de bodem in handkracht)
- . bodem-vegetatie ruimen en harken (gemaaid met de veegboot) = 0,37 cent

Onderhoudskosten met betrekking tot het leidingonderdeel

Gewoonlijk worden de totale onderhoudskosten uitgedrukt in een maateenheid om een beter inzicht te verkrijgen omtrent het niveau van de onderhoudskosten; omrekening per m' aanwezige leidinglengte is een gebruikelijke methode. Omdat de vegetatie afhankelijk is van de waterdiepte en de kostenfactor mede wordt bepaald door de praktische capaciteit en toepasbaarheid van uitvoeringstechnieken, werden in het navolgende de onderhoudskosten berekend voor een aantal leidingen met toenemende bodembreedte en bodembreedte-waterdiepte verhoudingen. Uitgangspunt was de keuze van zes leidingen met een in de praktijk veelvuldig voorkomend profiel (fig. 5; ^{leiding 1-VI} met gekozen normen volgens tabel 8.

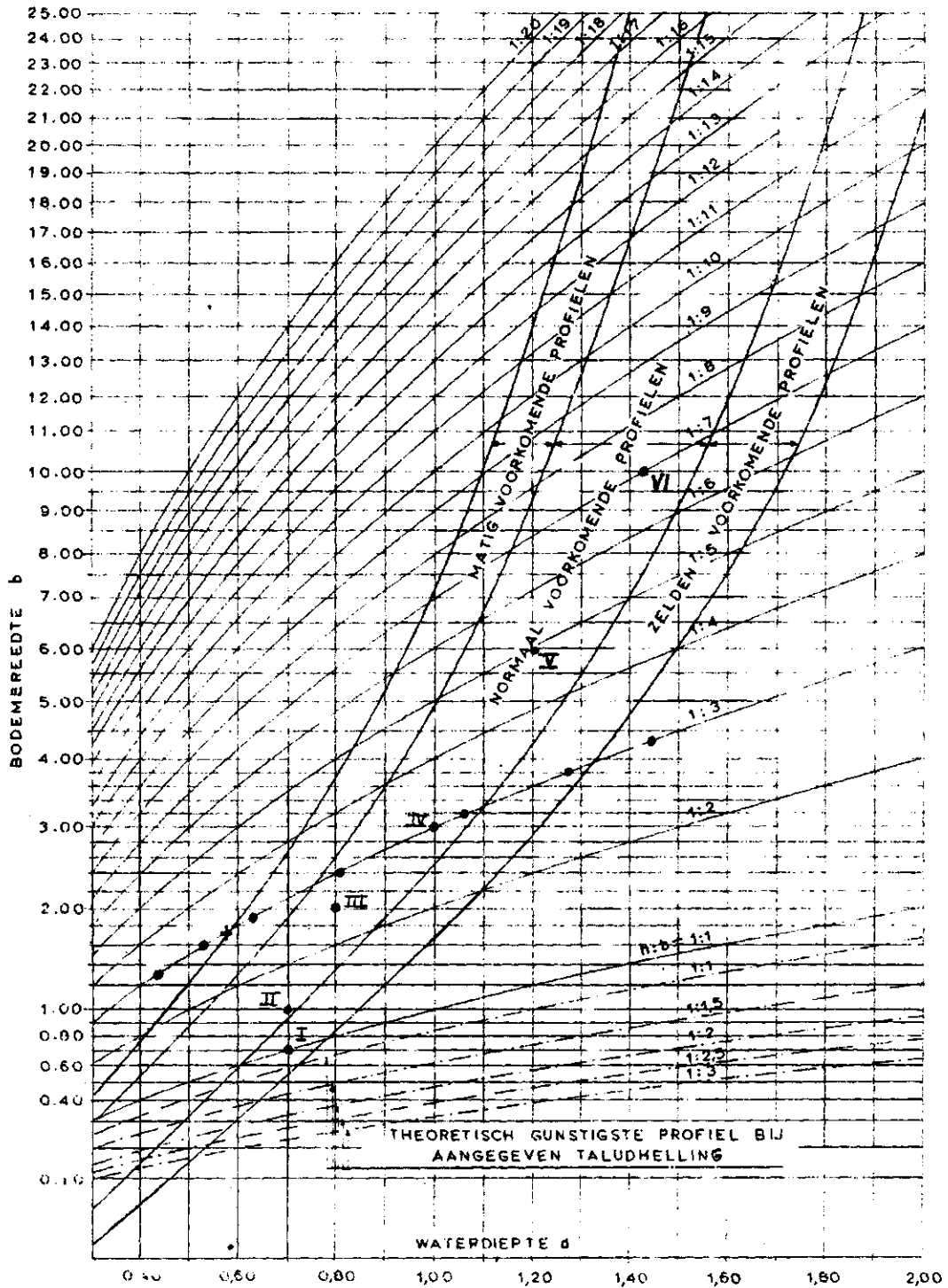
Bij waterdiepten van meer dan 1,00 m' werd het werken met de zeis voor het bodemonderdeel niet reëel verondersteld. Het schakelmes is effectief bij grotere breedten dan 4.00 m'.

Tabel 8 Leidingnormen




1	2	3	4	5
Leiding	helling van de taluds	verhouding bodembreedte-waterdiepte C	bodembreedte in M'	drooglegging in M
I	1 : 1	1,00	0,70	1,00
II	2 : 3	1,50	1,00	1,00
III	2 : 3	2,50	2,00	1,00
IV	2 : 3	3,00	3,00	1,00
V	1 : 2	5,00	6,00	1,00
VI	2 : 5	7,00	10,00	1,00

Figuur 5

GRAFIEK VERHOUDING BODEMBREEDTE - WATERDIEPTE



Overgenomen uit: Het ontwerpen van een waterbeheersingsplan
(cultuurtechnisch tijdschrift 4 (1964) nr. 2

Het aantal onderhoudsbeurten is gesteld op 3 (1 maal per 2 maanden). Op grond van wandruweidmetingen blijkt het effect op de afname van de stroomweerstand in leidingen voor het maaien met de zeis en de schakelmethode zich ongeveer te verhouden als 1 : 0,6. In verband hiermee is het aantal onderhoudsbeurten voor   en  aangehouden op $\frac{1}{0,6} \times 3 = 5$, ter verkrijging van een vergelijkbare onderhoudskwaliteit.

Een overzicht van de kosten werden weergegeven in de figuur 6-I tot en met 6-VI. Behalve een schets van het leidingprofiel werden de kosten grafisch naar de onderhoudsbreedte uitgezet. De voor bepaalde gemechaniseerde methoden noodzakelijke berm (onderhoudsrad) werden eveneens met de hieruit voortvloeiende extra investeringskosten toegerekend, waarbij van een economische afschrijvingsperiode van 30 jaar werd uitgegaan, een renteverlies berekend naar gemiddeld 2,7% per jaar en kosten van grondaankoop f 8000,- per ha. Uit kostenvergelijkingen van de toegepaste uitvoeringstechnieken blijkt vooral de Wibo gunstig ten aanzien van de kleiner werktuigen. Het nadeel van afzonderlijk maaien en harken van de Wissekerke blijkt uit figuur 6-IV (d). Bij alle leidingen treedt een kosten verlagend effect op ten aanzien van de mechanisatie, die voor kleine leidingen voornamelijk wordt gerealiseerd bij de taluds. Hieruit blijkt dat bij deze kleinste leidingen het reinigen van het bodemonderdeel relatief duur is. (resp. bij de leidingen Ib, IIc en IIIe 53%, 55% en 33% van de totaal-kosten). In dit verband mag worden gewezen op de mogelijkheid van reinigen met chemische middelen. De kostprijs hiervan bedroeg volgens waarnemingen (L.C.W.-notitie) 6 ct per m², waarvan 1,5 ct arbeid en 4,5 ct chemische middelen. Over de doelmatigheid en toepasbaarheid wordt echter nog verschillend gedacht, zodat ten aanzien hiervan geen uitspraak kan worden gedaan. Ten aanzien van het bodemonderdeel bij grote leidingen werkt de mechanisatie eveneens minder door, omdat hier de schakelmethode effectief is; vergelijk figuur 6-IVb met IVc en figuur 6-Vb met Vc en figuur 6-VIa met VIb. Het gemechaniseerd maaien van de taluds is bij de minder steile taluds vooral kostenbesparend. Het mechanisch maaien van de benedentaluds is nog niet goed mogelijk (de Wibo haalt maximaal 3,00 m') en dit is bij de meeste leidingen relatief duur in onderhoud. In het algemeen zal deze als taludzoom-begroeiing in handkracht worden verwijderd in verband met onregelmatigheden van het talud, aanwezigheid van betuinen, e.d.

Uitgaande van de berekende onderhoudskosten is figuur 7 samengesteld.

FIG. 6-11 Leidingkosten per onderdeel bij 3 onderhoudsbeurten voor uitvoering in handkracht en mechanisch

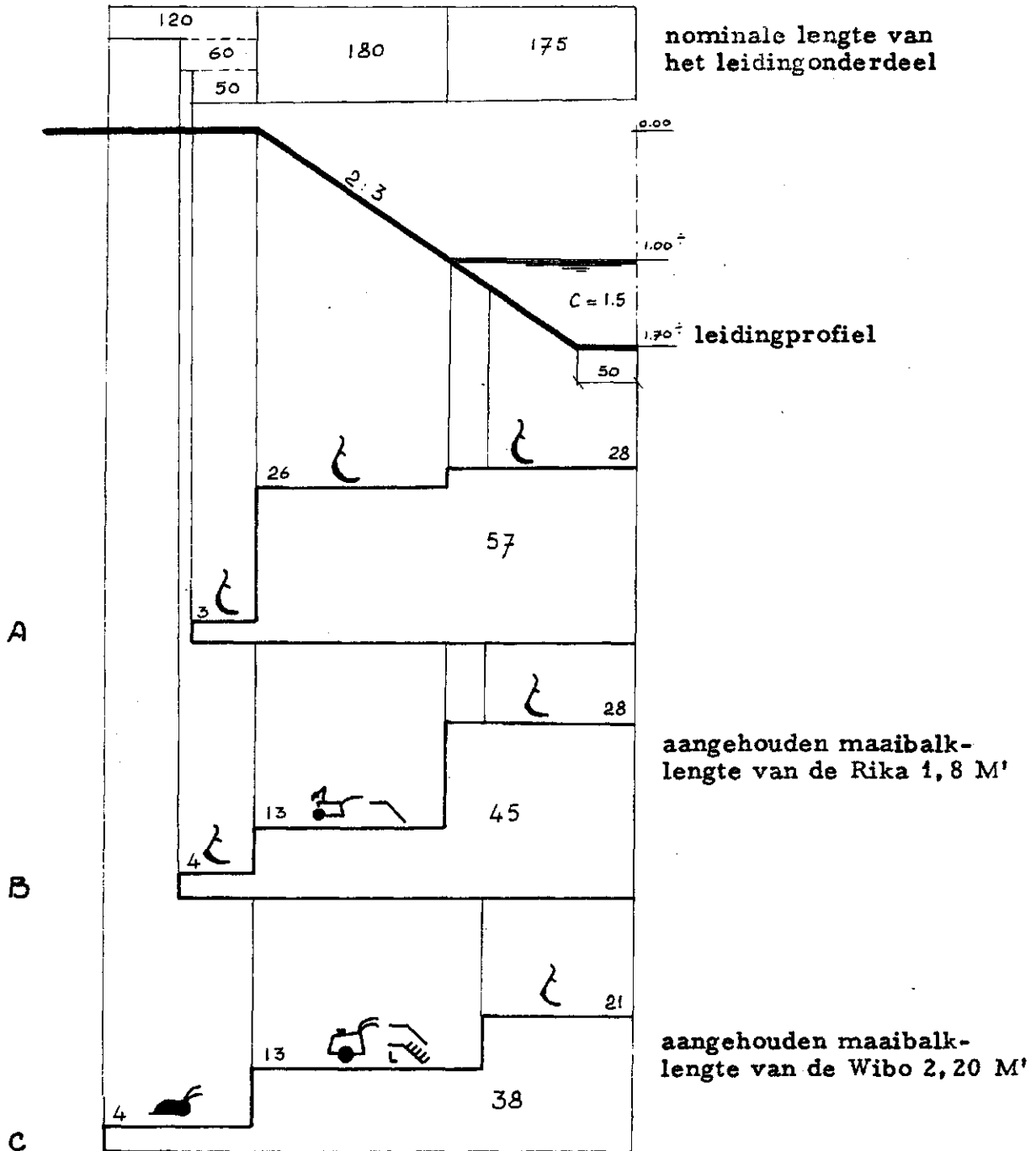
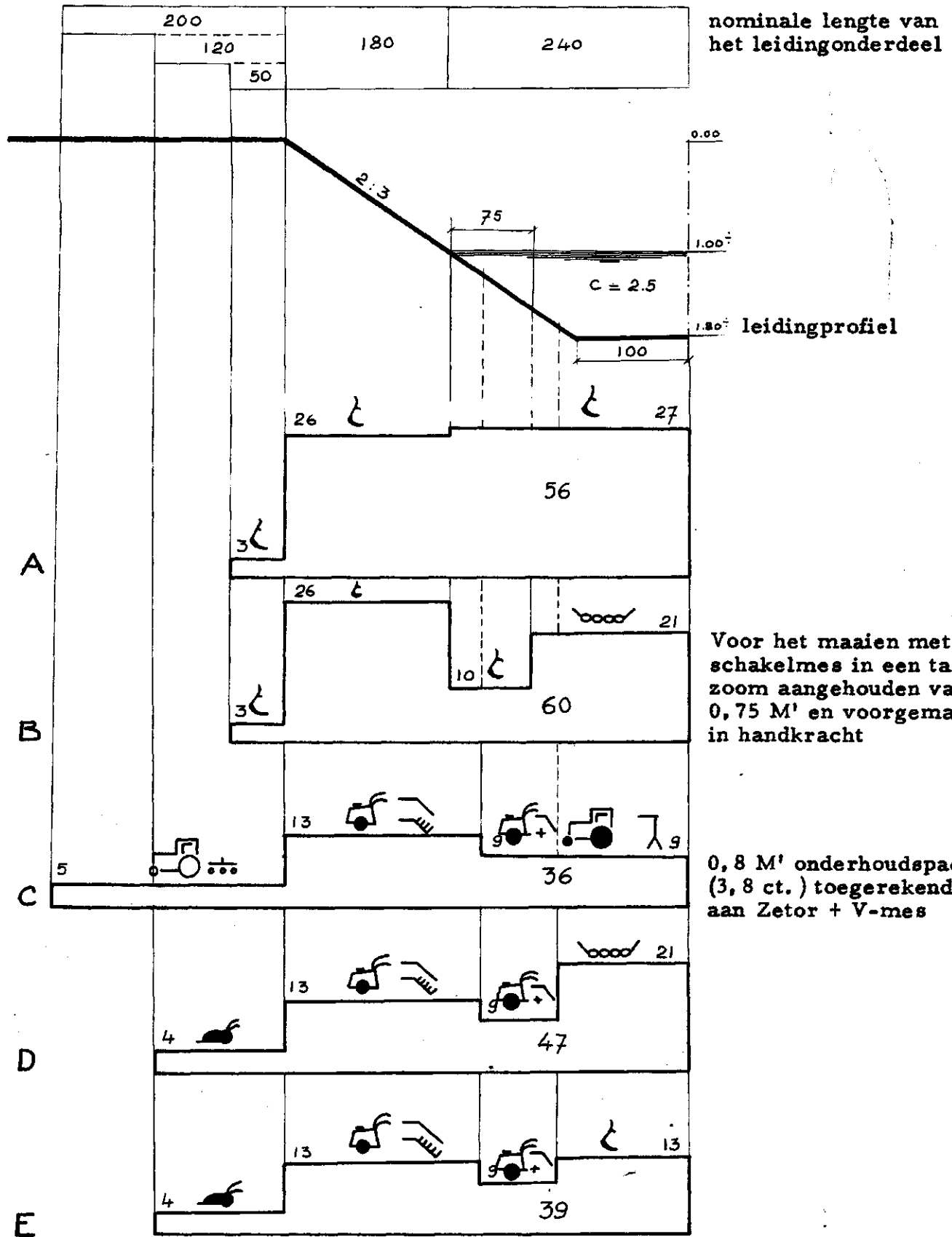


FIG. 6 - III Leidingkosten per onderdeel bij 3 onderhoudsbeurten voor uitvoering in handkracht en mechanisch



Voor het maaien met het schakelmes in een taludzoom aangehouden van 0,75 M' en voorgemaaid in handkracht

0,8 M' onderhoudspad (3,8 ct.) toegerekend aan Zetor + V-mes

FIG 6-IV Leidingkosten per onderdeel bij 3 onderhoudsbeurten voor uitvoering in handkracht en mechanisch

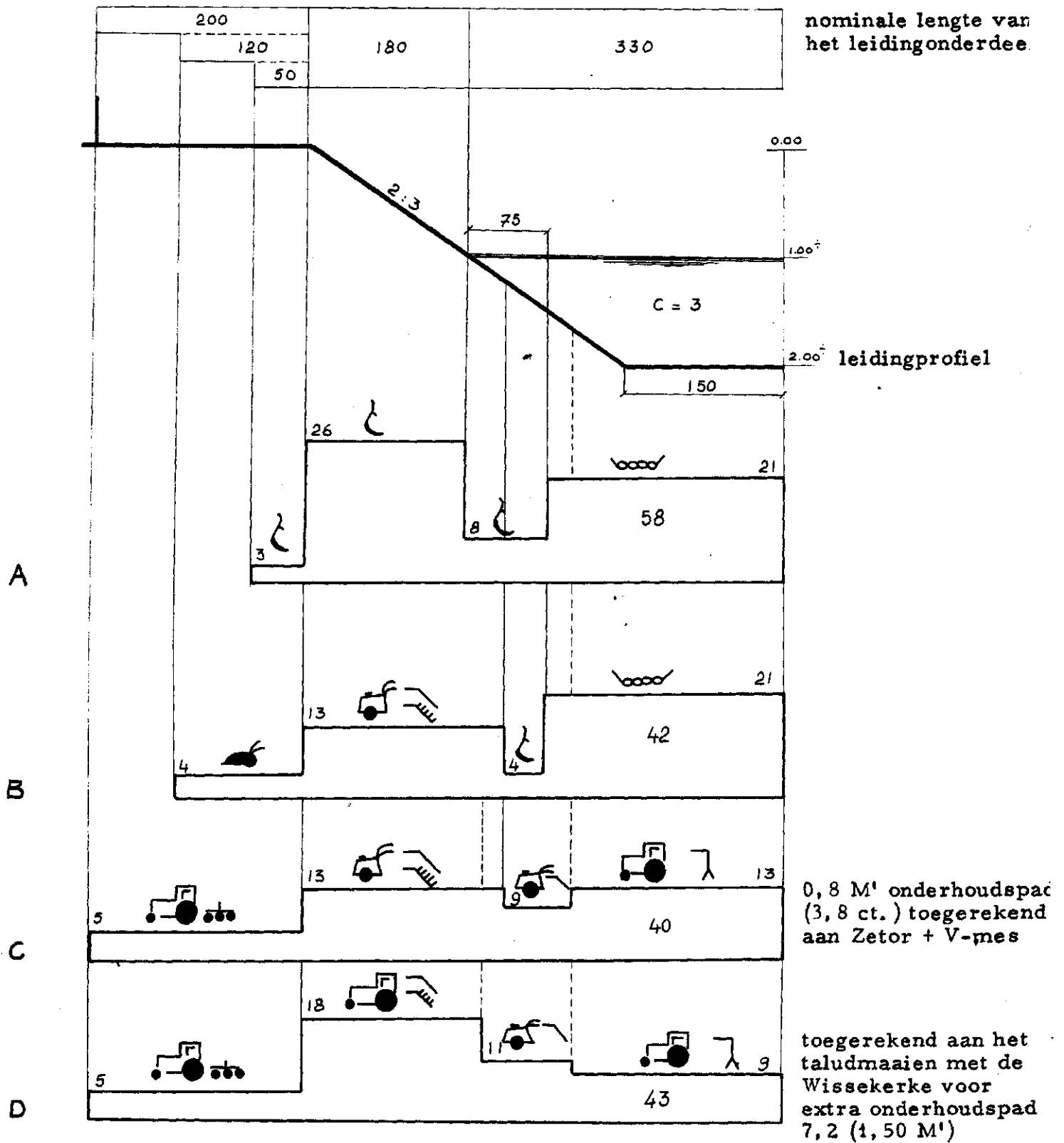


FIG. 6 - V Leidingkosten per onderdeel bij 3 onderhoudsbeurten voor uitvoering in handkracht en mechanisch

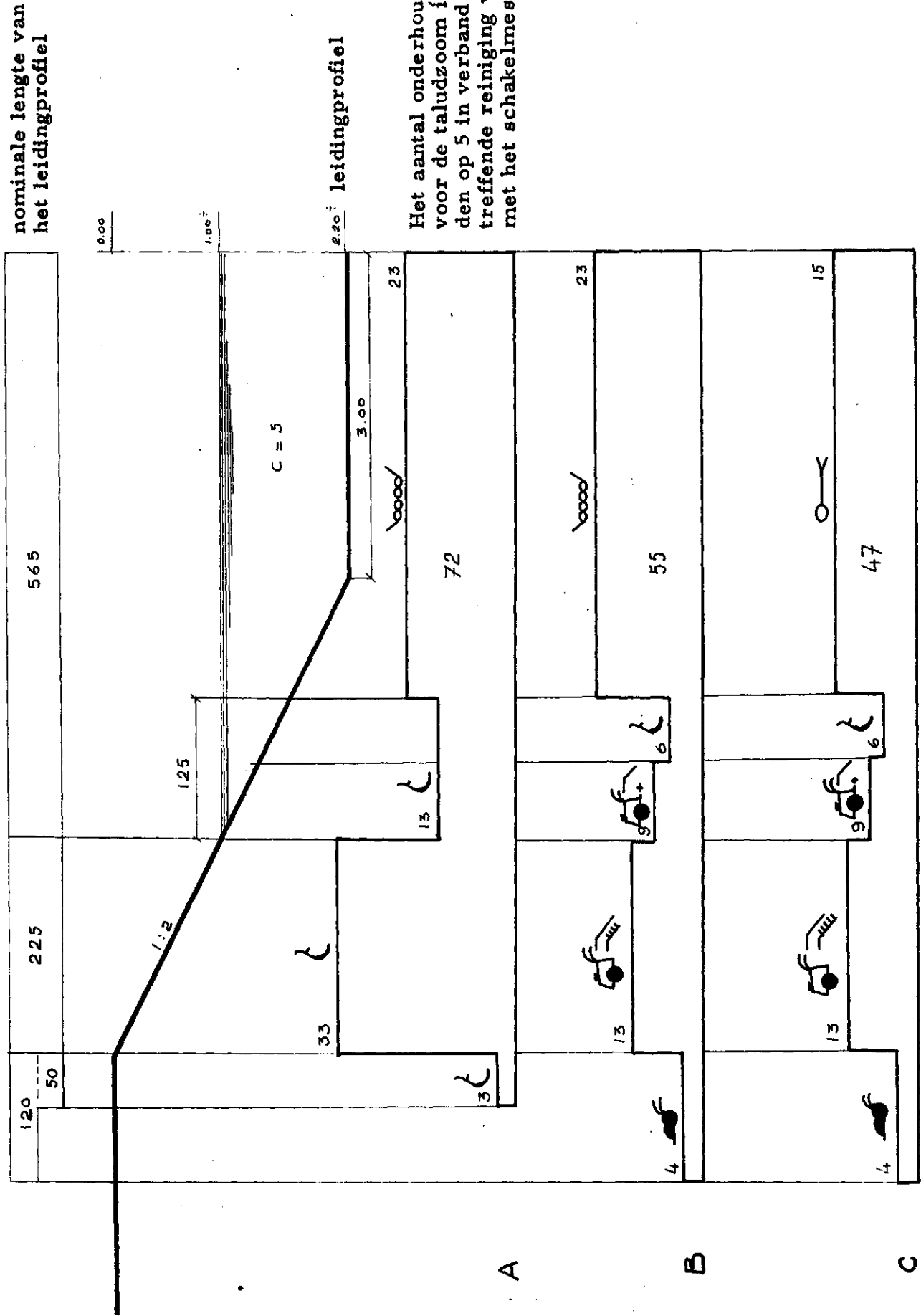


FIG 6 - VI Leidingkosten per onderdeel Vlj 3 onderhoudsbeurten voor uitvoering in handkracht en mechanisch

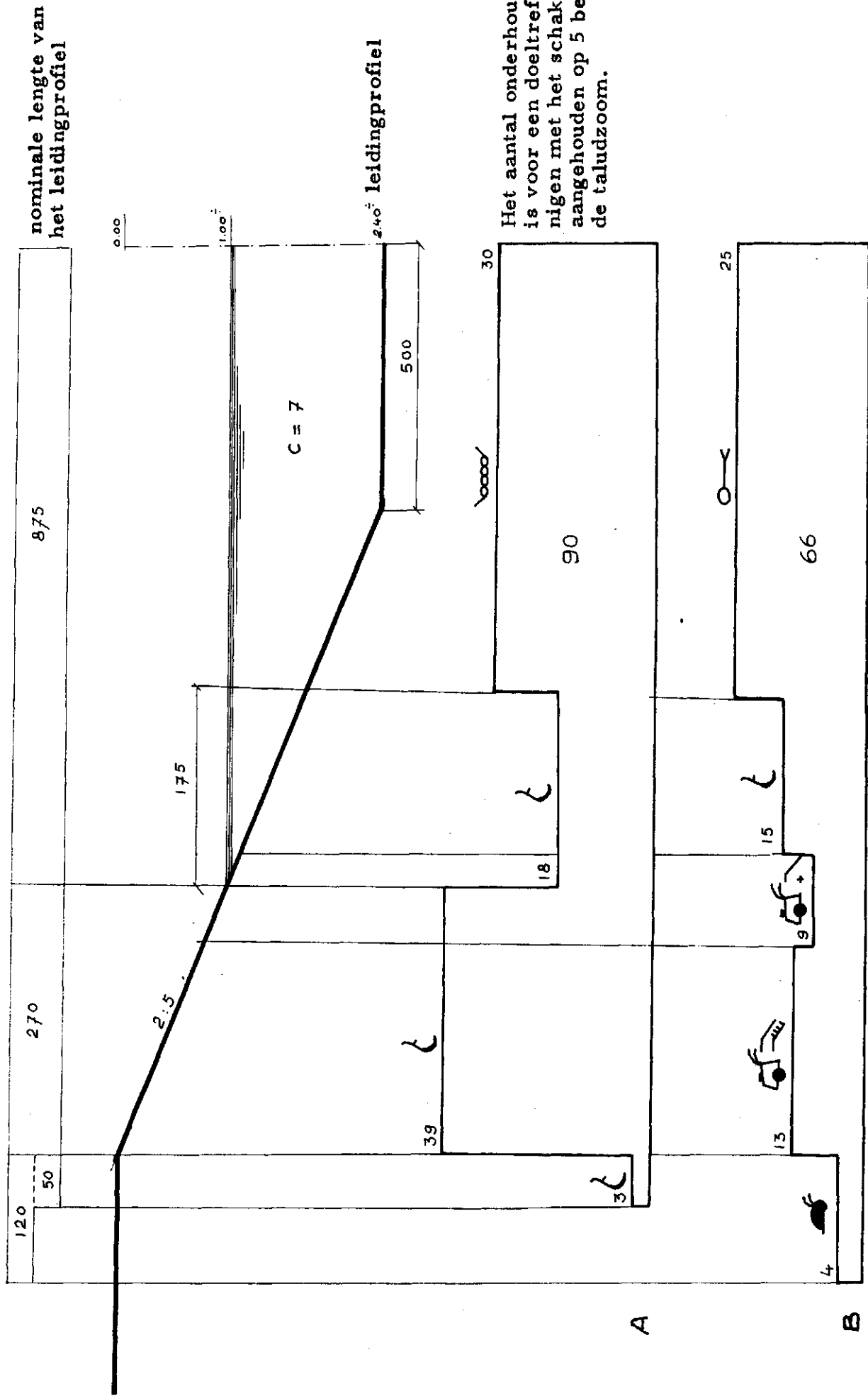


Fig. 7. Kostenpeil leidingonderhoud bij 3 onderhoudsbeurten

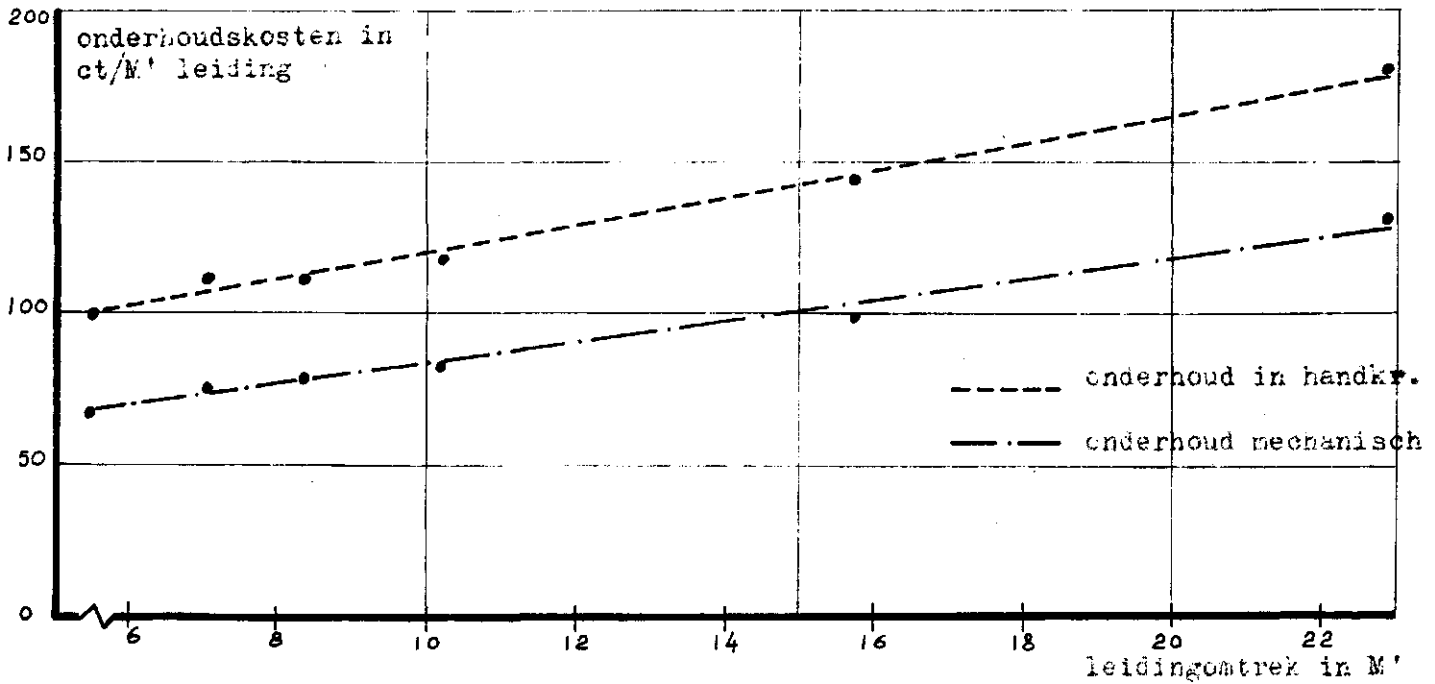
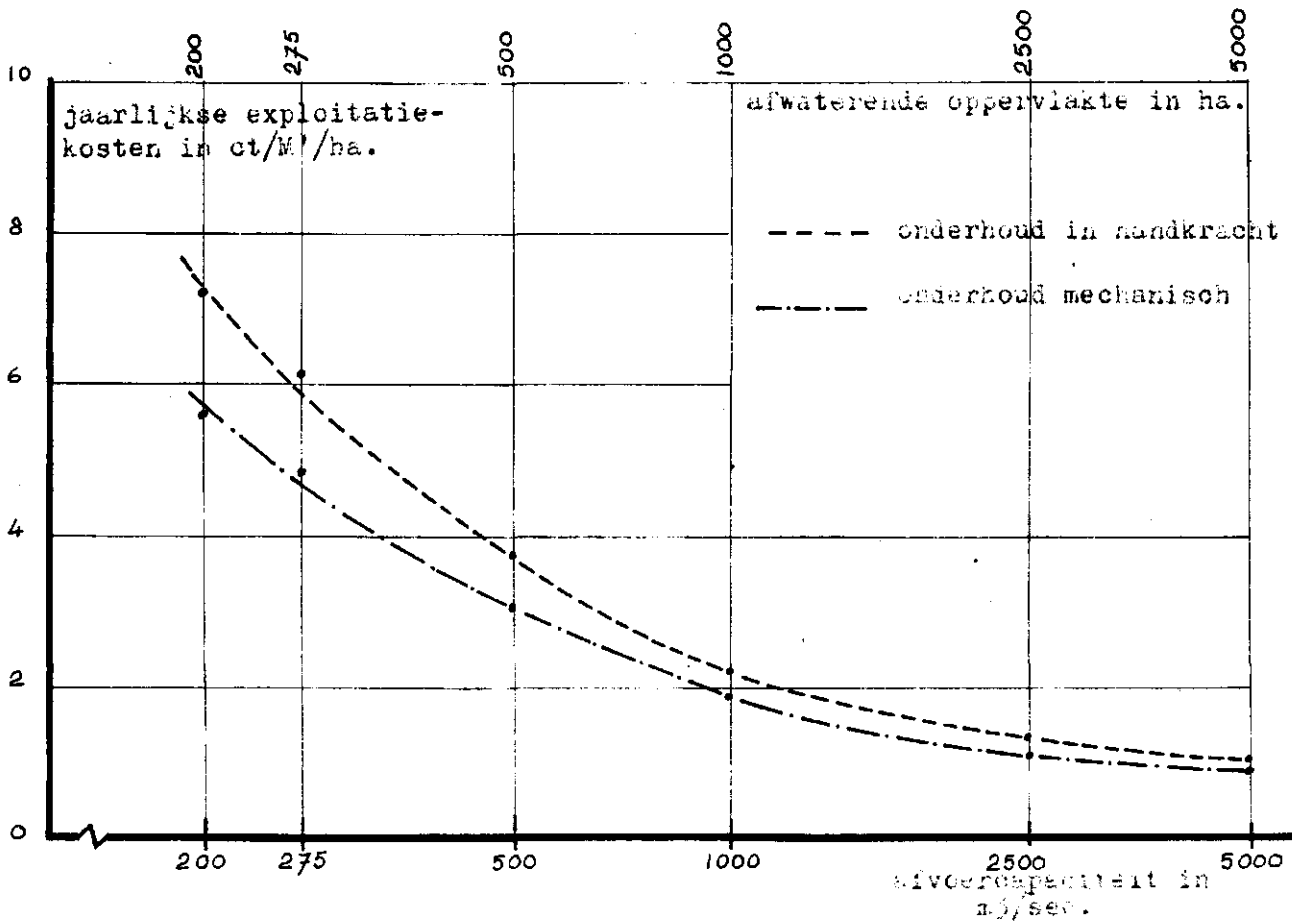


Fig. 8. Exploitatiecurven bij 60% subsidie en 3 onderhoudsbeurten



Deze grafiek geeft de onderhoudskosten naar leidingklasse bij uitvoering in handkracht (maaien en harken), zomede dit kostenniveau bij optimale mechanisatie. De kosten per m' leiding werden hierbij uitgezet tegen de leidingomtrek, en komt overeen met de totale bewerkingsbreedte van de leiding. De figuur toont, dat de kosten van onderhoud in de kleinere leidingen relatief duurder zijn dan in grotere leidingen, omdat de kosten niet evenredig met de bewerkingsbreedte toenemen. Duidelijk komt naar voren het kosten verlagend effect bij gemechaniseerde werkmethoden.

De gemiddelde kostenbesparing door mechanisatie is gemiddeld stellen op ca 29%, een percentage dat globaal overeenkomt met praktijkwaarnemingen, beschreven in de eerdergenoemde I.C.W.-nota 295.

Het was tevens mogelijk de exploitatiekosten per eenheid van afvoerende vermogen te berekenen. Afhankelijk van de inhoud (m^3/m' leiding) is een variërende kostprijs voor grondverzet en verwerken binnen een transportafstand van 200 m' gerekend tussen f 2,80 per m^3 (leiding VI) en f 3,40 per m^3 (leiding I). Deze investeringskosten werden verhoogd met de kosten van grondaankoop (f 8000,- per ha) "verminderd met een subsidiabel gedeelte van 60% en vervolgens omgeslagen tot jaarlijkse kosten, inclusief renteverlies. ($\frac{100}{30} + 2,7 = 6,0\%$). Van de leidingtypen werden door middel van praktische normen bij de aangenomen drooglegging van 1,00 m' de afvoercapaciteiten berekend en in figuur 8 op de horizontale as weergegeven. Uitgaande van een waterbezwaar van 8,6 mm per etmaal per ha is eveneens de afwaterende oppervlakte als maat in te voeren; deze is in de figuur aangegeven. Langs de verticale as werden de jaarlijkse exploitatiekosten (investering en onderhoud) weergegeven, omgerekend in centen per m' leiding per ha.

De figuur laat zien dat de exploitatiekosten per liter af te voeren waterbezwaar toenemen, naarmate de capaciteit van de leiding afneemt en zelfs in sterke mate bij de zeer kleine leidingen.




Verband jaarlijkse exploitatiekosten-wandruweidsfactor

Kennis omtrent het verloop van de wandruweid in de tijd, het effect van de onderhoudsmethodieken en de kosten per onderhoudsbehandeling kunnen nadere informatie verschaffen omtrent de economie van het ontwerp ten aanzien van de capaciteit en aanlegkosten van de leiding.

Als voorbeeld werd gekozen een afvoercapaciteit van 1 m^3 bij een drooglegging van $1 \text{ m}'$, een c-waarde van 3 en taludhellingen 2 : 3. Bij variërende waarden van de k_m -factoren werden de bodembreedten berekend bij een aangenomen verhang van 0,1 0/00 en een gemiddelde stroomsnelheid $V = 0,2 \text{ m/sec}$.

Vervolgens werden voor deze profielen de onderhoudskosten berekend op de reeds beschreven wijze, echter bij variërende onderhoudsbeurten afhankelijk van de k_m -factor. Deze onderhoudsbeurten werden berekend uit figuur 9 op de volgende wijze:

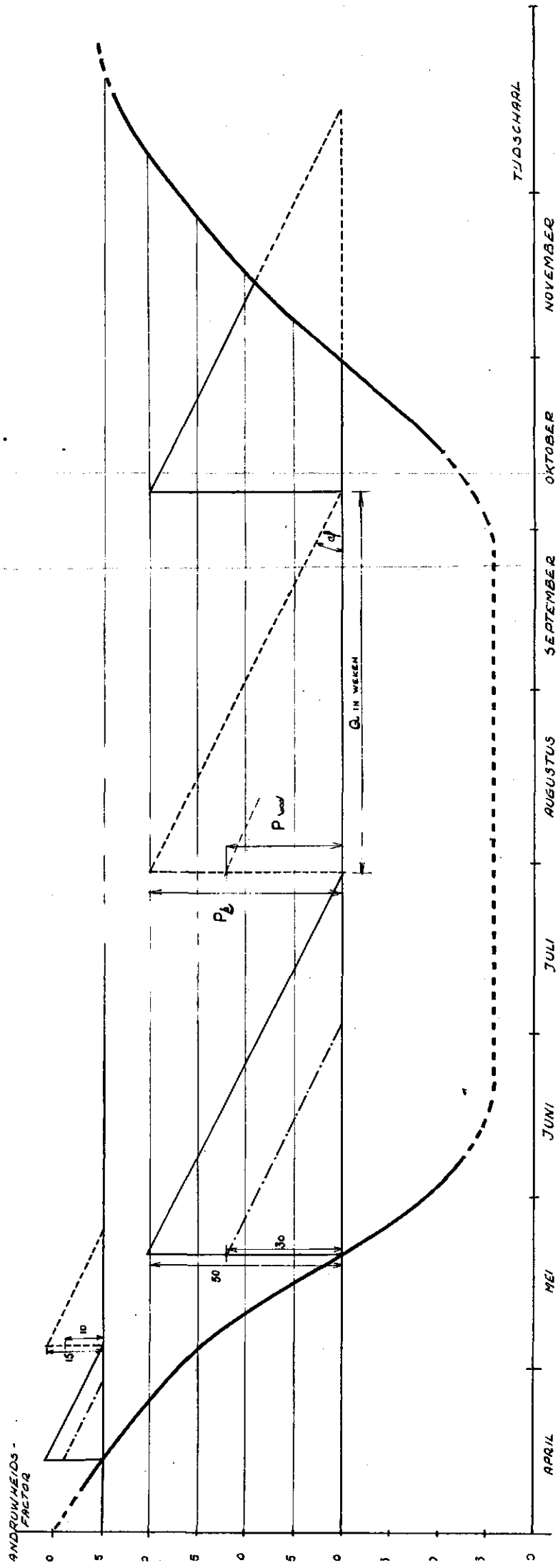
a. Het wandruweidseffect is afhankelijk van het k_m -niveau voorgesteld als een functie van $\text{tg } \phi = \frac{p}{q}$. Hierin is p de afname van de leidingweerstand voor een bepaalde onderhoudsmethode en q het bijbehorende tijdsinterval in weken met een schaalfactor volgens figuur 9; er is een rechtlijnig verloop verondersteld.

b. Het wandruweidseffect van ,  en  werd gelijk verondersteld voor het maaien van het bodemonderdeel

c. In het gebied tussen $k_m = 25$ en $k_m = 40$ werden door gebrek aan voldoende waarnemingen p-waarden gekozen volgens onderstaande tabel, met een maximum haalbaar effect van $k_m 45$ naar $k_m 51 = 15 \text{ mm}$. Zowel de waarden van p als voor $\text{tg } \phi$ (constant 0,5) zullen mogelijk bij meer beschikbare gegevens aangepast moeten worden, (tabel 9)

d. Met de formule $q = \frac{p}{\text{tg}}$ is het aantal onderhoudsbeurten berekend als weergegeven in tabel 10.

FIG. 9 WANDRUWHEIDSEFFECT VAN HET LEIDINGONDERHOUD.



Tabel 9 Wandruweidseffect van het onderhoud.

wandruweidsefactor kz	p - waarde in mm		lg ϕ
	zeis	schakelmes	
20	50	30	0,5
25	40	25	0,5
30	30	20	0,5
35	25	17	0,5
40	20	15	0,5
45	15	10	0,5

Tabel 10 Intensiteit van het onderhoud met betrekking tot de wandruweidsefactor

1	2	3	4
wandruweidsefactor kz	aantal onderhouds beurten		percentage harkkosten
	zeis	schakelmes	
20	3	4	30
25	4	6	25
30	5	8	20
35	6	10	15
40	8	13	10
45	12	18	5

De kosten van harken en ruimen werden naar evenredigheid van de toename van het aantal onderhoudsbeurten verminderd (zie tabel 10 kolom 4) tot een minimum van 0,25 cent.

e. De jaarlijkse lasten tengevolge van aanlegkosten en kosten voor grondaankoop zijn berekend naar 6% van de investeringskosten, met een afschrijvingsduur van 30 jaren en een gemiddelde jaarlijkse renteverlies van 2,7%, is $(\frac{100}{30} + 2,7)\%$.

f. De afmetingen van de leidingprofielen volgen uit de formules:

$$A = \text{natte doorsnede} = 0,5 b^2 \text{ (in m}^2\text{)}$$

$$R = \text{hydraulische straal} = 0,186 b^{2/3} \text{ (in m}^2\text{)}$$

$$b = \text{bodembreedte} = \frac{53,8}{k_m} \text{ (in m)}$$

$$B = \text{bovenbreedte van het leidingprofiel} = (2b + 3)M$$

g. De aanlegkosten volgen uit: $K_a = 0,093 (b^2 + 4b + 3)$ bij een eenheidsprijs voor grondverzet van $f 3,10$ per m^3 .

h. De kosten voor grondaankoop inclusief $2 \times 0,5$ m' onderhoudspad (kostprijs $f 8000,-$ per ha) volgt uit $K_g = 0,096 b + 0,192$

j. De jaarlijkse onderhoudskosten zijn op analoge wijze vastgesteld als omschreven voor de leidingen I - VI (figuur 6 I t/m VI)

Tabel 11 geeft diverse berekende afmetingen en kosten, waarbij respectievelijk de kolommen 9, 10 en 11 de gesommeerde jaarlijkse kosten geven van aanlegkosten, kosten van grondaankoop, en onderhoud voor respectievelijk in handkracht met zeis, schakelmes en een optimale mechanisatie (Wibo, Gravely en tractor + V-mes).

Tabel 11 Berekende jaarlijkse onderhoudskosten in relatie met de wandruweidsfactor

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k_m	boven- breedte bodembreedte in m'	Investeringskosten in guldens per jaar		jaarlijkse onderhoudskosten			totaalkosten in guldens voor de kolommen		
		grondverzet	grondaankoop	handkracht			3 + 4 + 5	3 + 4 + 6	3 + 4 + 7
				zeis	schakelmes (bodem)	mechanisch			
45	560/130	0,92	0,32	2,31	1,88	1,69	3,55	3,12	3,10
40	620/160	1,11	0,35	1,80	1,54	1,34	3,10	2,92	2,75
35	680/190	1,32	0,37	1,50	1,31	1,12	3,19	3,00	2,90
30	780/240	1,71	0,42	1,38	1,18	0,82	3,51	3,31	3,04
25	940/320	2,42	0,50	1,28	1,05	0,90	4,20	3,97	3,91
20	1180/440	3,72	0,61	1,12	0,91	0,71	5,45	5,24	5,15

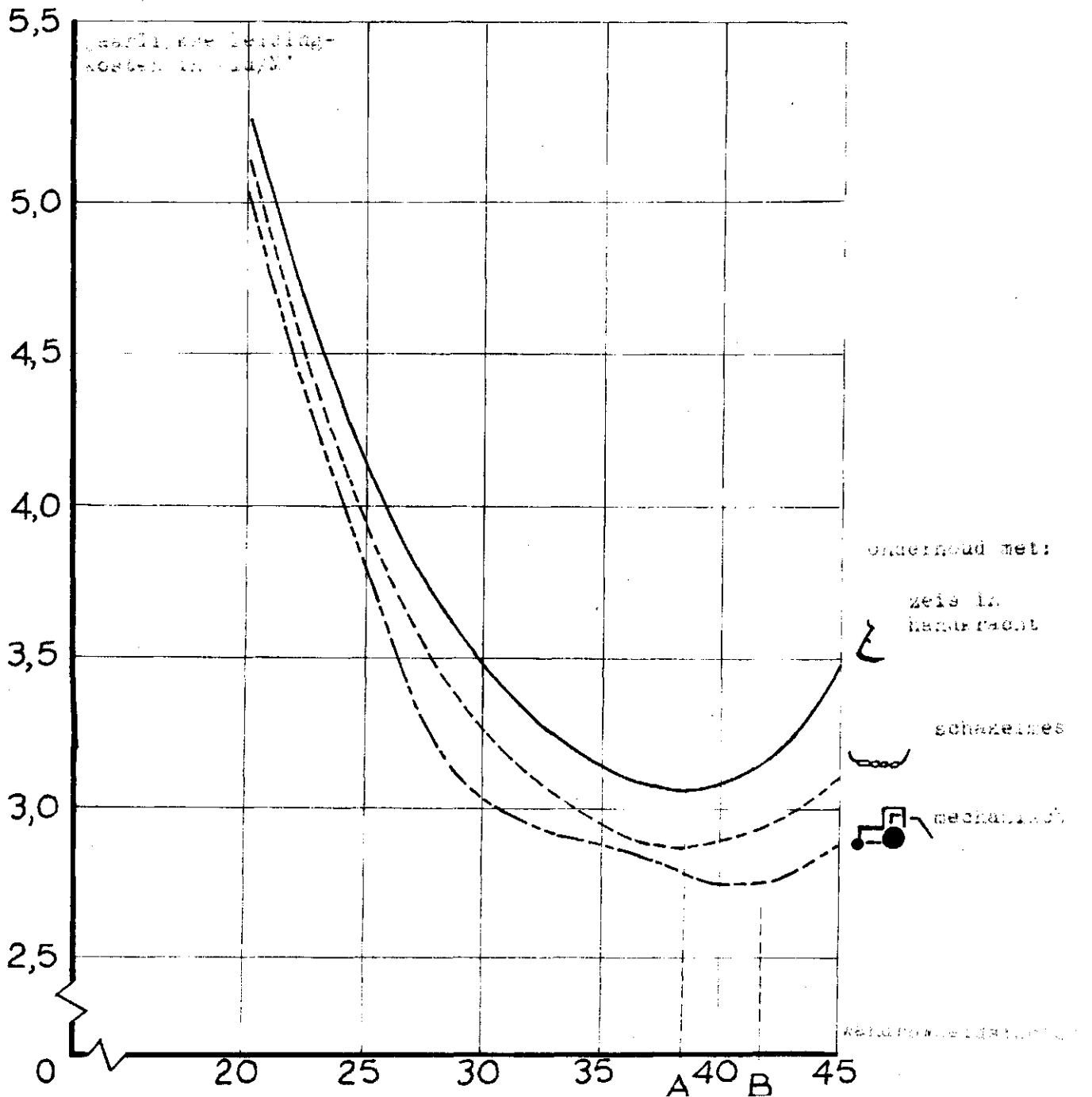
Economisch gezien, zijn twee tegengestelde uitgangspunten te onderscheiden ten aanzien van het leidingontwerp:

- de keuze van een lage wandruweidsfactor betekent een groter leidingprofiel met hogere aanlegkosten, met als voordeel dat het water ook bij een zekere graad van leidingvervuiling op een redelijke diepte kan worden afgevoerd en

- een leidingontwerp bij hoge K_m , met lagere investeringskosten, doch hoge onderhoudskosten om de gekozen K_m op het niveau te handhaven.

In figuur 10 zijn de exploitatiekosten uitgezet tegen de wandruwheidsfactor, waaruit blijkt dat bij het conventionele onderhoud het optimum ligt bij K-manning 38 en ca. 42 bij het mechanisch onderhoud. (Zie A en B in de figuur).

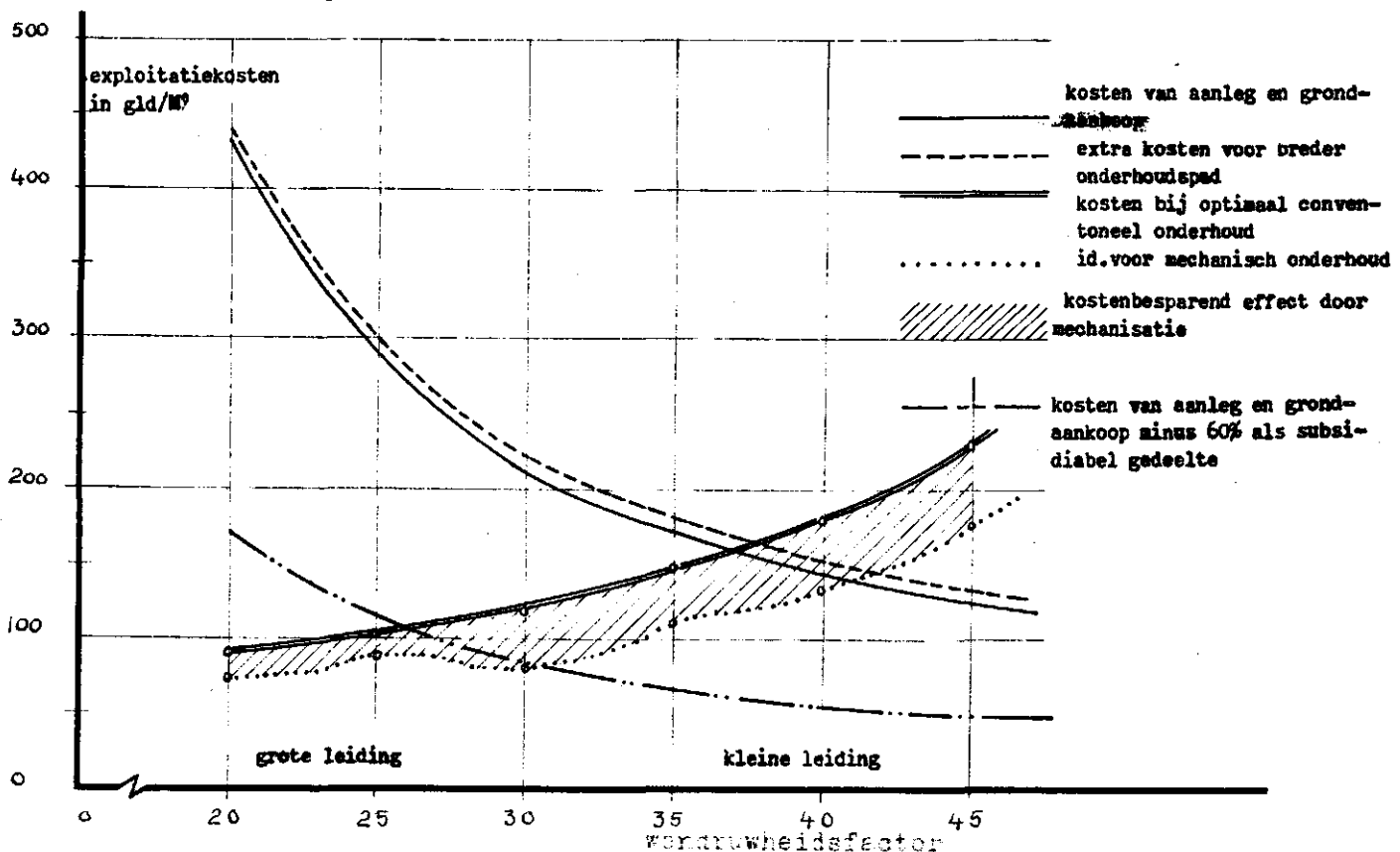
Fig. 10. Exploitatiecurve voor een leiding met een afvoercapaciteit van 1 m³/sec.



Voor de beheerder zijn de jaarlijkse exploitatiekosten, berekend naar de gesubsidieerde leidingkosten belangrijk. In figuur 11 werden daartoe de samengestelde exploitatiekosten afzonderlijk weergegeven. Uit het snijpunt van de curven van de onderhoudskosten en de investeringskosten verminderd met een aangenomen subsidiabel deel van 60%, blijkt de optimum K-manning naar links te verschuiven (K-manning bij conventioneel onderhoud ca 26). De voor de dergelijke leidingcapaciteit normatieve wandruwheidsfactor bedraagt ca 35, zodat deze waarde als gemiddelde redelijk geacht kan worden.

Verder laat de figuur zien, dat ook bij een lagere onderhoudsfrequentie de optimale K-manning bij mechanisatie naar rechts verloopt, en dus blijkt dat toepassing van gemechaniseerd onderhoud voor eenzelfde leidingcapaciteit tot een kleiner profiel kan leiden (lagere investeringskosten, lagere grondkosten).

FIG. 11 Kostenniveau met betrekking tot de keuze van de wandruwheidsfactor



Een belangrijk nevenvoordeel, voor het mechanisch onderhoud blijkt uit figuur 12, waarin de arbeidsbehoefte is aangegeven per ha leidingoppervlakte met betrekking tot de wandruwheidsfactor. Hierbij geeft de 'mechanische' curve het aantal manuren aan voor de bediening van de gebruikte werktuigen; de arbeidsbehoefte stijgt door het noodzakelijke veelvuldiger onderhoud bij kleine leidingen snel, doch voor alle gevallen is een belangrijke verlaging door mechanisatie mogelijk.

FIG.12. Arbeidsverbruik bij optimaal onderhoud van het bodemonderdeel

