

NN31545.0883

TA 883 I

september 1975

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

VERGELIJKEND ONDERZOEK NAAR DE ONDERHOUDSKOSTEN  
VAN WATERLOPEN

V<sup>A</sup> KOSTENRELATIES

Ing. J.G.S. de Wilde en Ing. H. Humbert

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemidde-  
len, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een  
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende  
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de  
conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog  
niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut  
in aanmerking.

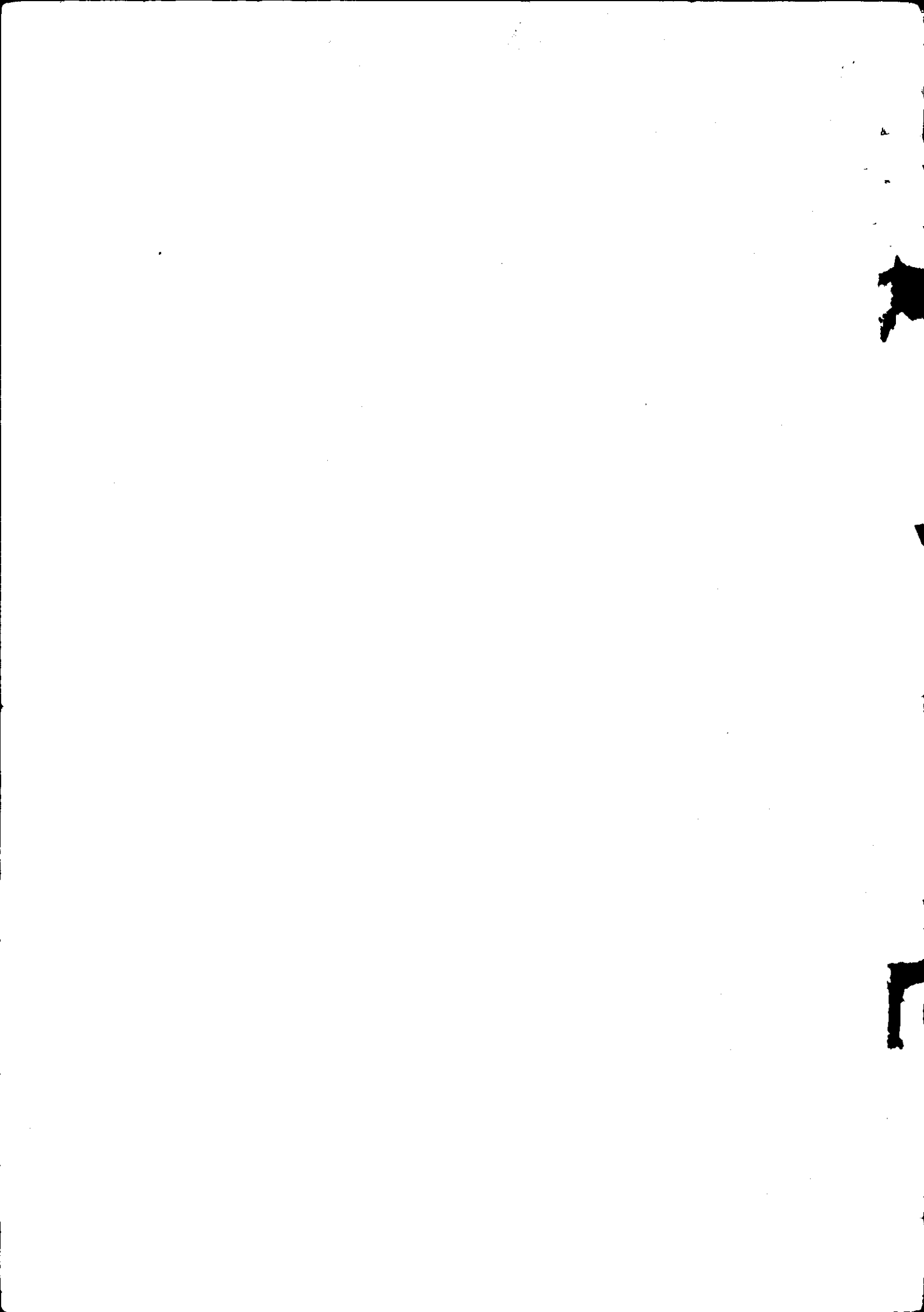
CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0081 0214

12 FEB 1975

138 9011



## I N H O U D

	blz.
1 INLEIDING	1
2 MAAIKOSTEN EN ONDERDEELSGROOTTE	2
2.1. Jaarlijkse maaikosten	2
2.1.1. Boventalud	2
2.1.2. Berm	4
2.1.3. Ondertalud	7
2.1.4. Bodem	7
2.1.5. Het gehele profiel	9
2.2. Maaikosten per beurt	12
2.2.1. Boventalud	12
2.2.2. Berm	14
2.2.3. Ondertalud	14
2.2.4. Bodem	17
2.2.5. Het gehele profiel	17
2.2.6. Vergelijking van de maaikosten van leidingen die één beurt per jaar krijgen met die waarvan de kosten per beurt bepaald zijn als gemiddelde uit meerdere beurten per jaar	17
2.3. Gevolgtrekkingen maaikosten versus onderdeelsbreedte	19
3 MOGELIJKE OORZAKEN VAN DE GROTE KOSTENVERSCHILLEN	21
3.1. Maaifrequentie	21
3.2. Mechanisatiegraad	30
3.2.1. Boventalud	30
3.2.2. Berm	30
3.2.3. Ondertalud	35

3.2.4. Bodem	38
3.2.5. Conclusie kosten versus mechanisatiegraad	38
LITERATUUR	42

## 1 INLEIDING

In voorgaande nota's over het vergelijkend onderzoek naar de onderhoudskosten van waterlopen, werden hoofdzakelijk de onderhoudskosten in het algemene, dus los van de afmetingen van de leiding behandeld. Als kleinste eenheid werd daarbij het profielonderdeel gebruikt. De afmetingen daarvan lopen echter sterk uiteen zodat ze betrekking hebben op grote variaties in de leidingafmetingen.

Voor leidingen waarvan de afmetingen sterk verschillen mag verondersteld worden dat de onderhoudskosten eveneens grote variaties vertonen. Nagegaan werd dan ook in hoeverre de maaikosten, welke ca. 75% van de totale jaarlijkse onderhoudskosten bedragen (DE WILDE - HUMBERT, 1974) afhankelijk zijn van de grootte van de leiding. Als maatstaf van de leidinggrootte is de breedte van de betreffende profielonderdelen gekozen. Voor de maaikosten van de bodem zal tevens worden nagegaan of er verband bestaat met de waterhoogte. De gevolgde werkwijze maakt het mogelijk om, indien er een verband bestaat, de kosten van elke willekeurige leiding, welke opgebouwd gedacht wordt uit profielonderdelen van verschillende breedten, te bepalen.

De conclusies die volgen uit dit onderzoek noodzaakten ons andere factoren in de beschouwingen te betrekken. Twee van deze factoren, te weten de maaifrequentie en de mechanisatiegraad, zullen in deze nota worden behandeld. Overige punten, zoals de machinekostprijs, de onderhouds - c.q. werkmethode, verschil in leidingtoestand zullen in een volgende nota aan de orde komen. Eveneens zal in de volgende nota een kostenvoorbeeld worden gegeven voor een fictief waterschap.

## 2 MAAIKOSTEN EN ONDERDEELSGROOTTE

Onder de maaikosten worden verstaan alle kosten van de hoofdwerkzaamheid "maaieren" (nota 798) met uitzondering van de verletkosten (nota 821). Bij deze maaikosten (produktieve kosten van het maaieren) maken we, evenals in voorgaande publikaties, onderscheid tussen de totale jaarlijkse kosten en de kosten per beurt. In het eerste geval is het wenselijk te weten hoe groot de maaifrequentie is en in het tweede geval moet bekend zijn uit hoeveel beurten de gemiddelde kosten bepaald zijn.

De maaikosten voor de diverse onderdelen zijn als volgt bepaald:

- a. boventalud
  - b. berm
  - c. ondertalud
- } kosten linker deel + kosten rechter deel
- d. bodem - kosten bodemprofiel
  - e. gehele profiel - kosten a + b + c + d

De breedte van de verschillende profielonderdelen is voor:

- f. boventalud
  - g. berm
  - h. ondertalud
- }  $\frac{\text{breedte links} + \text{breedte rechts}}{2}$
- i. bodem - breedte van het bodemprofiel
  - j. gehele profiel -  $2 \cdot f + 2 \cdot g + 2 \cdot h + i$

Voor de verklaring van de begrenzings van de diverse onderdelen wordt verwezen naar nota 775.

### 2.1. Jaarlijkse maaikosten

#### 2.1.1. Boventalud

In figuur 1 zijn de jaarlijkse maaikosten van het boventalud in ct/m<sup>1</sup>, waarvan berekening plaats vond per leiding, uitgezet tegen de breedte van dit onderdeel in dm voor de beide onderzoeksjaren. De grootte van de maaifrequentie is puntsgewijs aangegeven.

Uit de resultaten blijkt:

1. Een grote variatie binnen elk waterschap

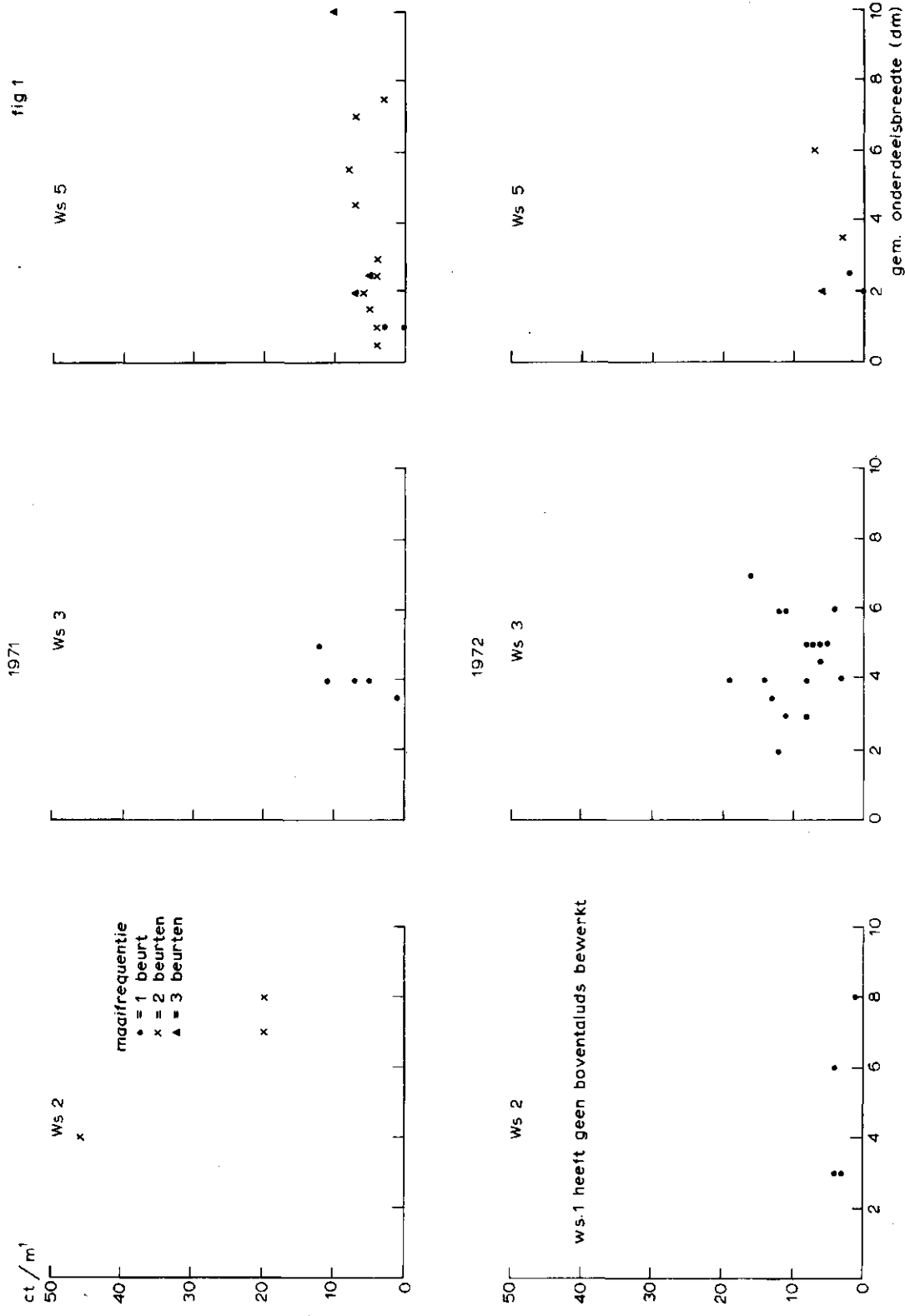


Fig. 1. Jaarlijkse maaikosten van het boventalud versus de breedte

2. Een grote variatie tussen de waterschappen
3. Een grote variatie in kosten per jaar binnen hetzelfde waterschap
4. Geen verband tussen de kosten en de onderdeelbreedte
5. Een kostenstijging bij een hogere maaifrequentie

De gemiddelde jaarlijkse maaikosten van het boventalud bedragen in ct/m<sup>1</sup>:

waterschap	1971	1972	Gemiddeld over 1971 en 1972
2	23,0	2,0	12,5
3	7,7	11,1	9,4
5	5,1	3,3	4,2
Over de waterschappen			8,7

De gemiddelde kosten zijn berekend op basis van de bewerkte lengte. De gemiddelde maaikosten van het boventalud van waterschap 2 over 1971 is:

- a veel hoger dan de kosten over 1972 van dat waterschap
- b veel hoger dan de kosten van dat onderdeel in de andere waterschappen over beide jaren.

Het is in dit stadium niet nauwkeurig na te gaan hoe deze hoge kosten ontstaan zijn. Wel is bekend dat de boventaluds van de leidingen van waterschap 2 in 1971 volledig in handkracht zijn gemaaid, terwijl de mechanisatie graad in 1972 55% bleek te zijn. In de andere waterschappen vond gedeeltelijk mechanisch onderhoud plaats (zie nota 798). Vermoedelijk is het maaionderhoud in waterschap 2 in 1971 erg intensief gebeurt.

#### 2.1.2. Berm

De jaarlijkse maaikosten van de berm worden gegeven in figuur 2. Doordat de breedten van de berm per waterschap gelijk zijn, liggen de punten op één lijn. Voor de berm geldt hetzelfde als voor het ondertalud.



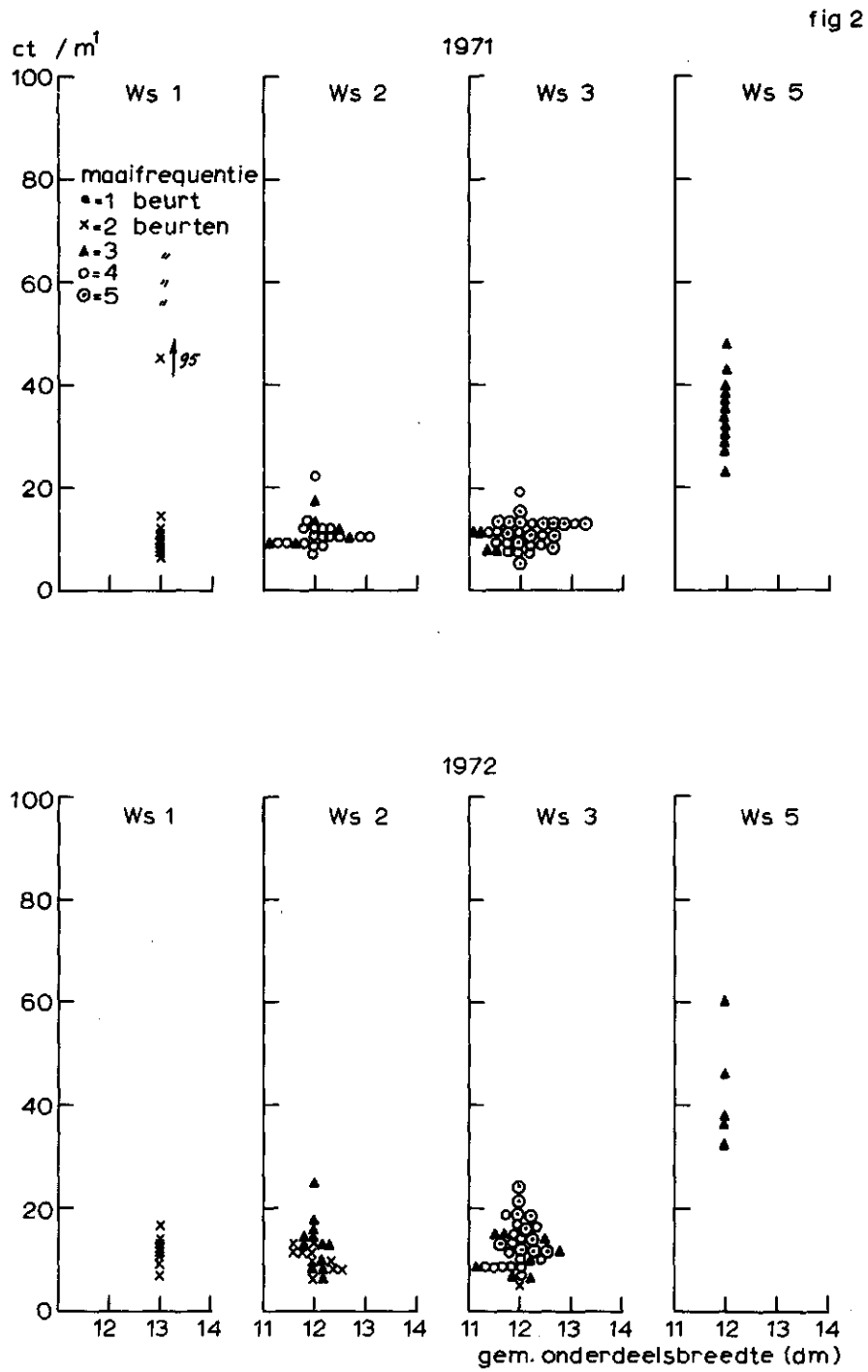


Fig. 2. Jaarlijkse maaikosten van de berm versus de breedte

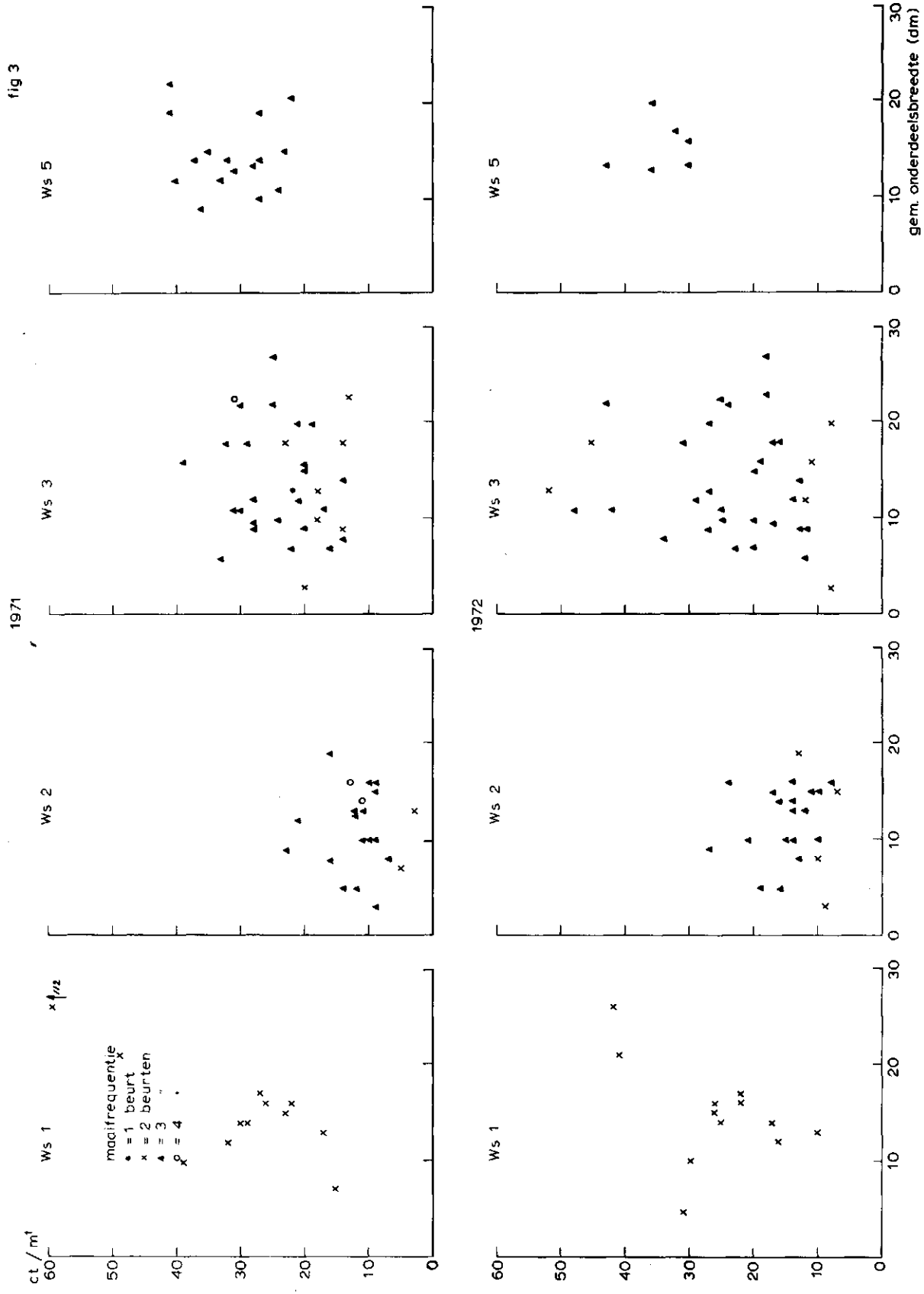


Fig. 3. Jaarlijkse maaikosten van het onderstalud versus de breedte

De gemiddelde jaarlijkse maaikosten van de berm bedragen in ct/m<sup>1</sup>:

Waterschap	1971	1972	Gemiddeld over 1971 en 1972
1	17,5	10,3	13,9
2	10,4	12,5	11,45
3	10,9	11,9	11,4
5	34,3	41,6	37,95
Over de waterschappen			18,7

De bedragen verschillen tussen de jaren minder dan die voor het boventalud.

### 2.1.3. Ondertalud

Figuur 3 geeft de jaarlijkse maaikosten afhankelijk van de breedte van het ondertalud. Ook hiervoor geldt hetzelfde als voor het boventalud is aangegeven. Onafhankelijk van de taludbreedten blijven de kosten per jaar en per waterschap constant.

De gemiddelde jaarlijkse maaikosten van het boventalud bedragen in ct/m<sup>1</sup>:

Waterschap	1971	1972	Gemiddeld over 1971 en 1972
1	37,3	24,2	30,75
2	11,5	15,7	13,6
3	23,8	25,1	24,45
5	31,9	37,4	33,15
Over de waterschappen			25,5

### 2.1.4. Bodem

Voor het verband tussen de jaarlijkse maaikosten en de breedte van de bodem wordt verwezen naar figuur 4. Hieruit blijkt wederom een grote variatie in de kosten zowel per waterschap als per breedte en ook bij dit onderdeel zijn de kosten per waterschap onafhankelijk van de bodembreedte.

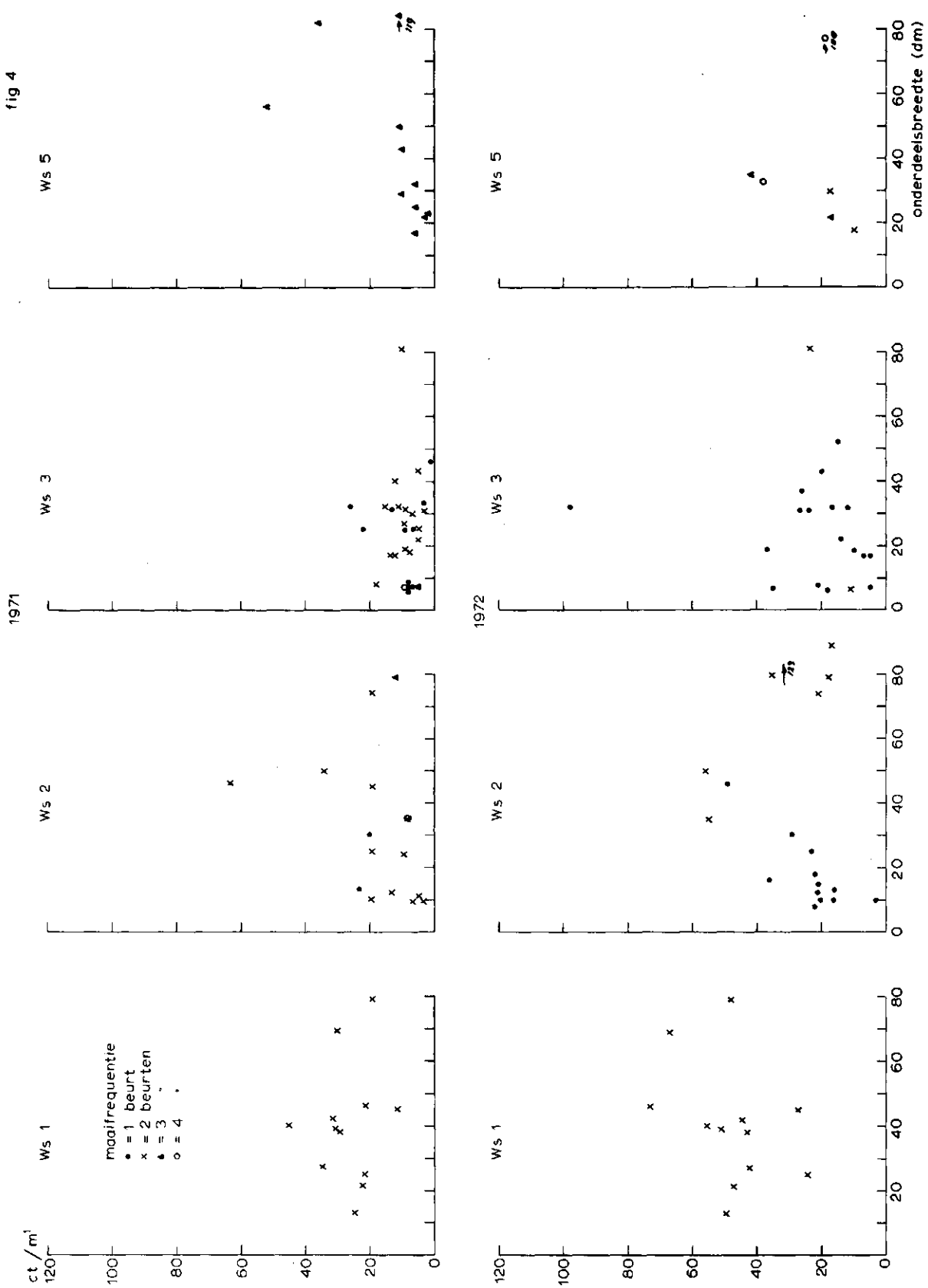


Fig. 4. Jaarlijkse maaikosten van de bodem versus de breedte

De gemiddelde jaarlijkse maaikosten van de bodem bedragen in ct/m<sup>1</sup>:

Waterschap	1971	1972	Gemiddeld over 1971 en 1972
1	27,7	47,1	37,4
2	16,4	24,4	20,4
3	9,3	20,1	14,7
5	13,5	27,3	20,4
Over de waterschappen			23,2

De gemiddelde maaikosten voor de bodem vertonen grote verschillen. Deze verschillen ontstaan hoofdzakelijk doordat:

- a de invloed van het niet jaarlijks uitgevoerde chemische onderhoud niet even groot is
- b de maaibehandeling per leiding jaarlijks verschillen vertoont
- c er verschillen zijn in klimatologische omstandigheden
- d het aantal beurten van de bodem sterk verschilt

Wat punt c betreft blijkt dat de gemiddelde kosten van de bodem in 1972 bij ieder waterschap veel hoger ligt dan die in 1971.

Aangezien de maaikosten van de bodem nogal uiteenlopen is nagegaan of de waterhoogte in de leidingen invloed kan hebben gehad. Daarvoor zijn in figuur 5 de jaarlijkse maaikosten uitgezet tegen de waterhoogte. Hieruit blijkt dat per waterschap de kosten niet of nagenoeg niet beïnvloed worden door de waterhoogte. De variatie in de kosten blijft groot.

#### 2.1.5. Het gehele profiel

De jaarlijkse maaikosten voor het gehele profiel zijn weergegeven in figuur 6. Evenals bij de afzonderlijke profielonderdelen wordt weer een grote variatie in de kosten waargenomen. Omdat de maai-frequentie van de afzonderlijke onderdelen verschilt, werd in figuur 6 geen indicatie gegeven van het aantal beurten van het gehele profiel. Hoewel de kosten niet afhankelijk zijn van de breedte van het profiel, mogen we aan deze conclusie, voorzover verkregen aan de hand van figuur 6, geen grote waarde hechten.

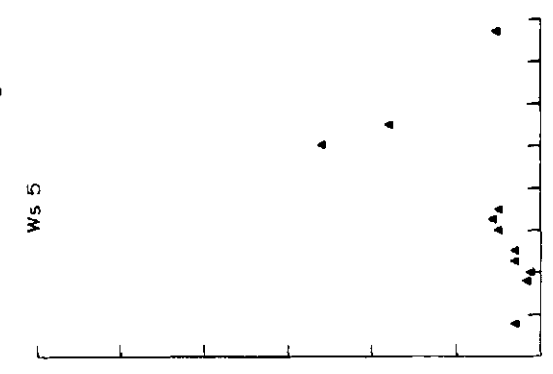
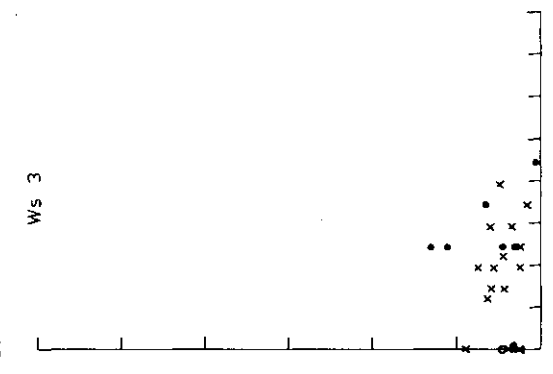
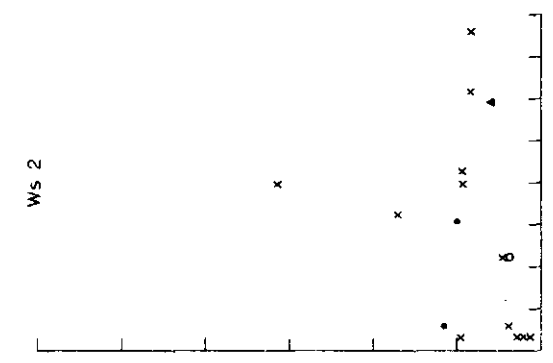
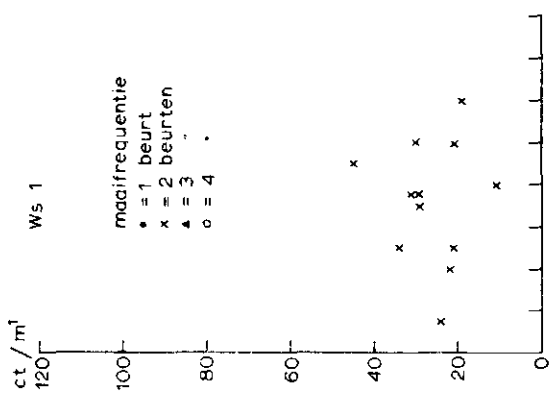


fig 5

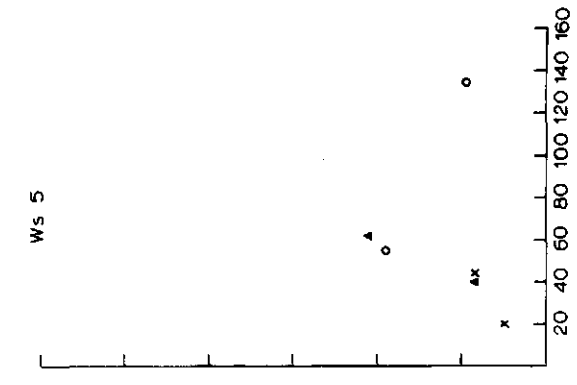
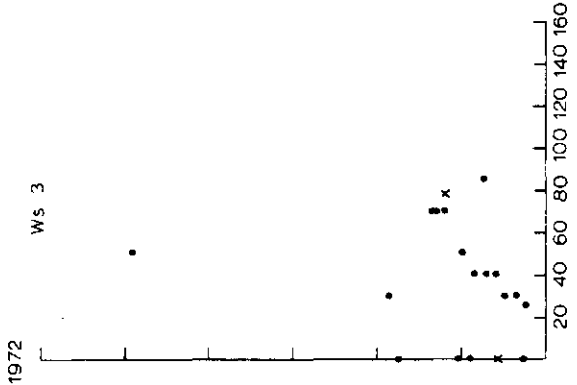
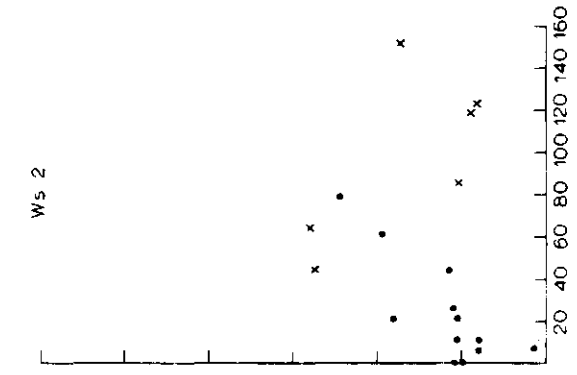
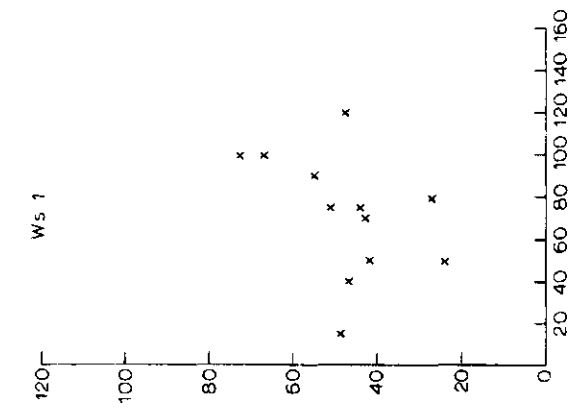


Fig. 5. Jaarlijkse maaikosten van de bodem versus de waterhoogte

fig 6

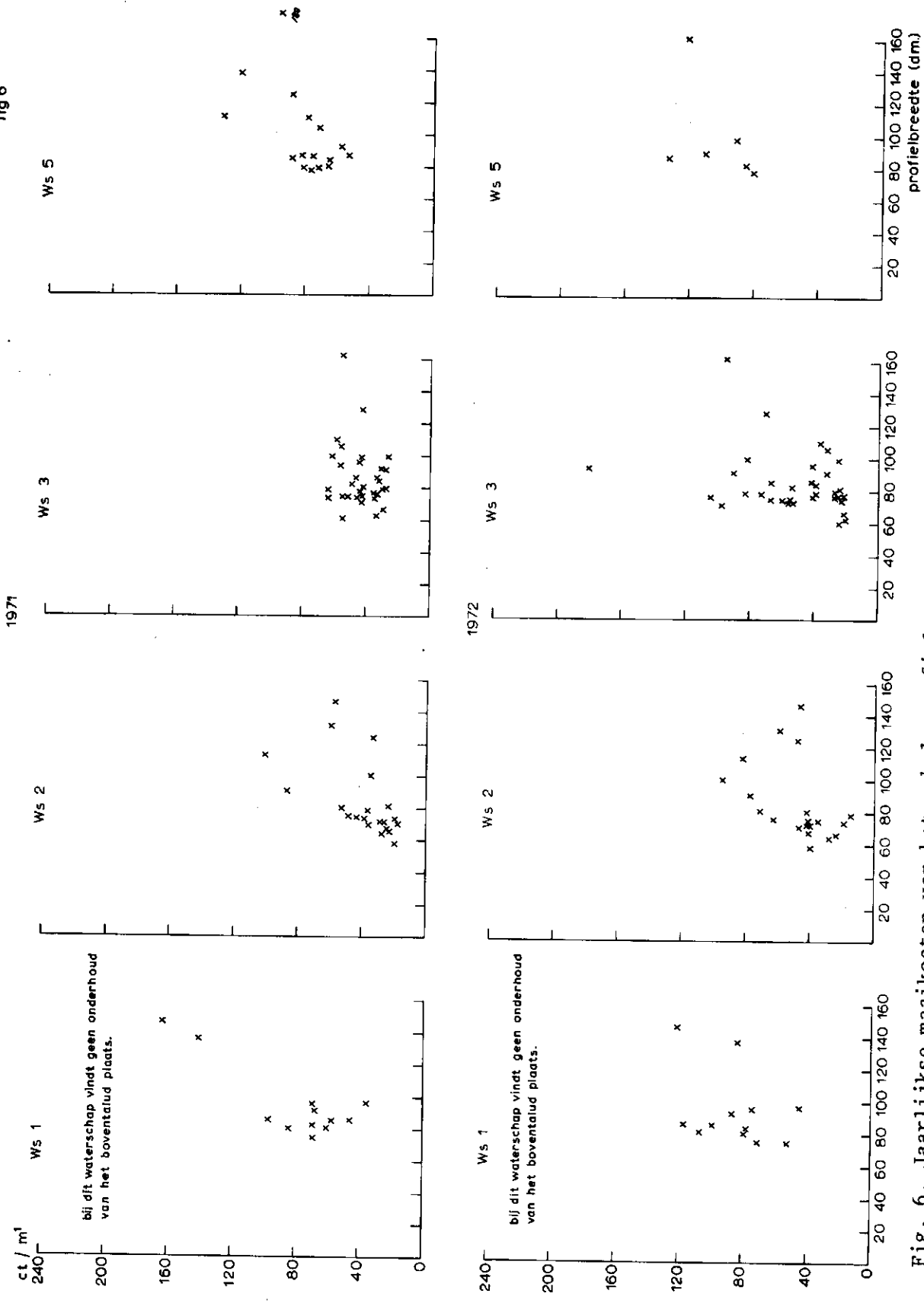


Fig. 6. Jaarlijkse maaikosten van het gehele profiel versus de profielbreedte

De jaarlijkse maaikosten van het gehele profiel, welke werden bepaald op basis van de bewerkte lengte in  $\text{ct/m}^1$ , werden verkregen door het sommeren van de kosten van de afzonderlijke delen. Het komt echter voor dat bepaalde profielonderdelen van een leiding geen maaibewerking ondergingen en voor dit onderdeel geen kosten konden worden meegeteld, terwijl de breedte van het onderdeel wel werd meegerekend voor het verkrijgen van de profielbreedte.

Daarom is ook de berekening achterwege gebleven van de gemiddelde jaarlijkse maaikosten van het gehele profiel. Volstaan is met de maaikosten in  $\text{ct/m}^1$  voor de afzonderlijke profielonderdelen aan te geven in procenten van de totaalkosten van het gehele profiel.

Deze zijn volgens nota 798:

boventalud	berm	ondertalud	bodem	gehele profiel
11,4 %	24,6 %	33,5 %	30,5 %	100 %

Het boventalud komt als goedkoopste te voorschijn terwijl de percentages van de overige onderdelen dicht bij elkaar liggen. Betrekken we echter de breedte van de onderdelen in de vergelijking en drukken we de maaikosten in  $\text{ct/m}^2$  uit als percentage van de totaalkosten van het gehele profiel dan vinden we de volgende verdeling:

boventalud	berm	ondertalud	bodem	kosten
29,3 %	24,8 %	28,3 %	17,6 %	gehele profiel

We zien hier, dat blijkbaar onder invloed van de afmetingen, het boventalud als duurste onderdeel naar voren komt en de bodem als goedkoopste.

## 2.2. M a a i k o s t e n p e r b e u r t

### 2.2.1. Boventalud

In figuur 7 zijn de kosten per beurt voor het boventalud uitgezet tegen de onderdeelbreedte. De variatie in de kosten blijkt in enkele gevallen groot te zijn, terwijl ze onafhankelijk zijn van de onderdeelbreedte. Tussen de diverse waterschappen blijken nog grote verschillen te bestaan.



fig 7

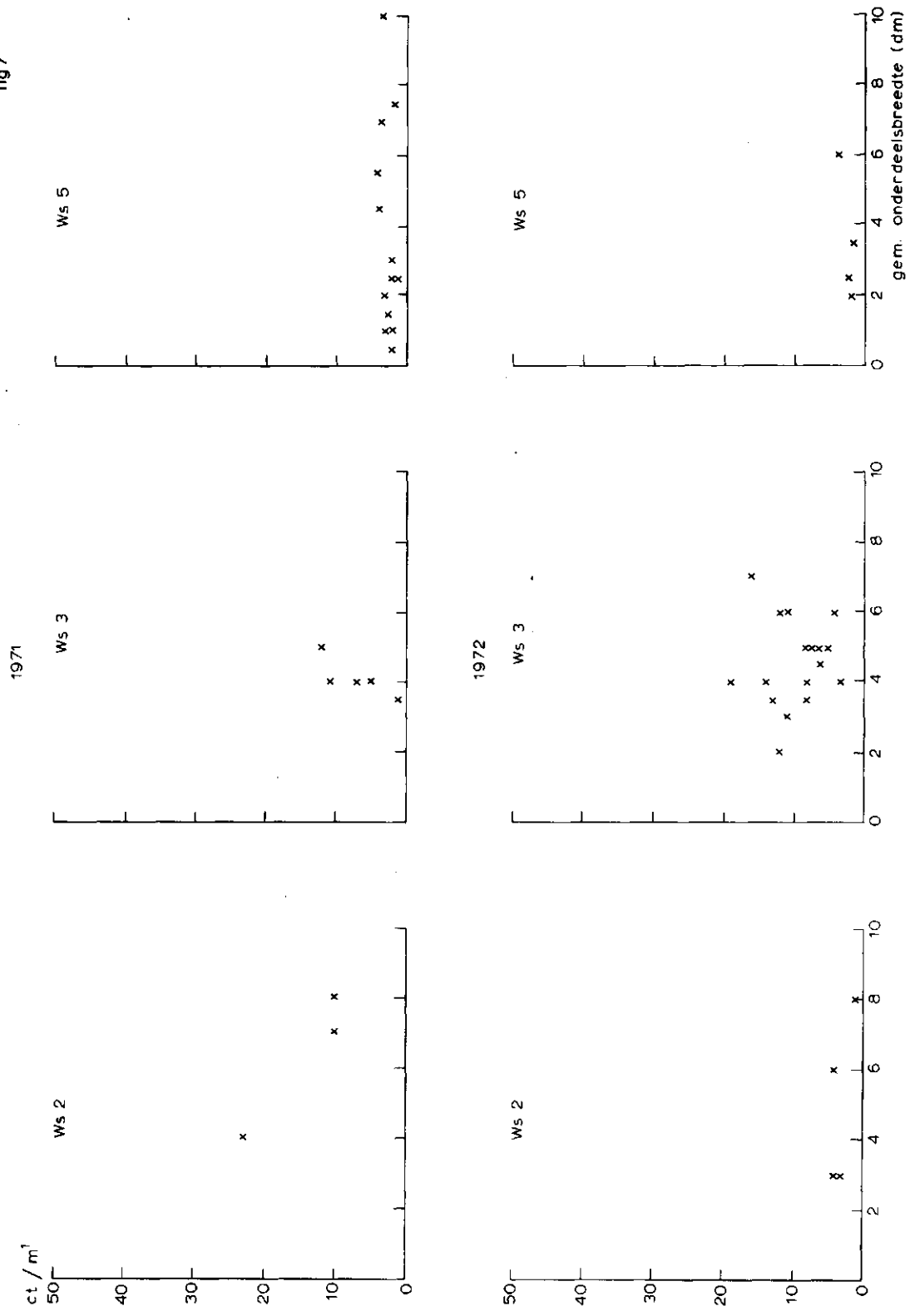


Fig. 7. Kosten per beurt van het boventalud versus de breedte

De gemiddelde kosten per beurt van het ondertalud bedragen in ct/m<sup>1</sup>

waterschap	1971	1972	Gemiddeld over 1971 en 1972
2	23,0	2,0	12,5
3	7,7	11,1	9,4
5	2,4	1,9	2,1
Over de waterschappen			8,0

### 2.2.2. Berm

Evenals de jaarlijkse maaikosten komen de punten op één lijn te liggen, omdat per waterschap de bermbreedte constant is. Volstaan is hier met het berekenen van de gemiddelde kosten.

De gemiddelde kosten per beurt van de berm bedragen in ct/m<sup>1</sup>:

Waterschap	1971	1972	Gemiddeld over 1971 en 1972
1	8,8	5,2	7,0
2	3,9	5,0	4,4
3	2,5	3,0	2,8
5	11,4	13,9	12,6
Over de waterschappen			6,7

### 2.2.3. Ondertalud

In figuur 8 zijn de kosten per beurt van het ondertalud uitgezet tegen de onderdeelbreedte. De variatie in de kosten is minder groot dan bij de overige onderdelen. Het kostenpeil is tamelijk constant, doch onafhankelijk van de taludbreedte. De spreiding in de jaarlijkse kosten wordt blijkbaar voor een deel veroorzaakt door het verschil in maaifrequentie.

De gemiddelde kosten per beurt van het ondertalud bedragen in ct/m<sup>1</sup>:

Waterschap	1971	1972	Gemiddeld over 1971 en 1972
1	18,7	12,1	15,4
2	3,8	5,6	4,7
3	8,5	9,0	8,7
5	10,6	11,5	11,0
Over de waterschappen			10,0

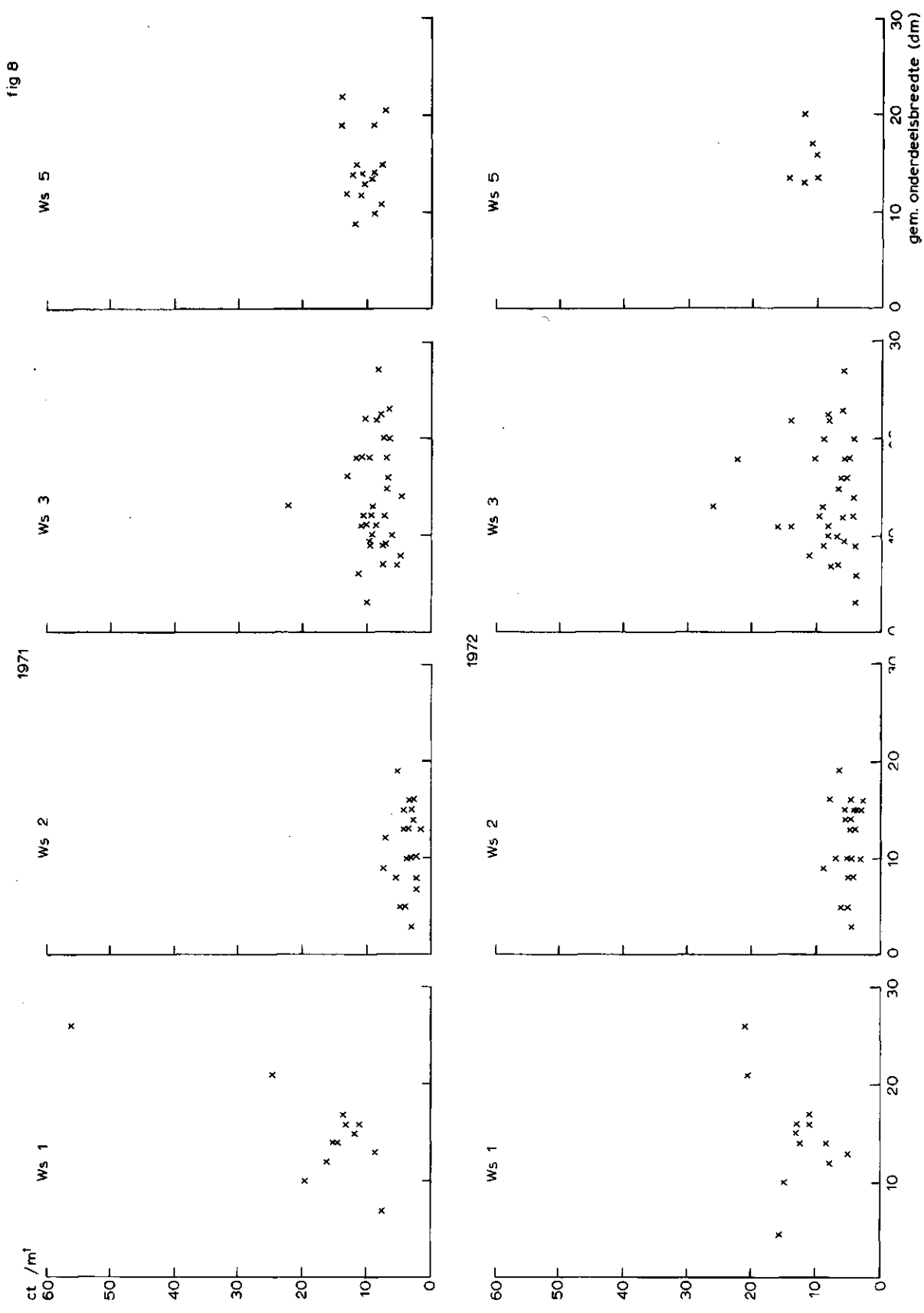


Fig. 8. Kosten per beurt van het boventalud versus de breedte

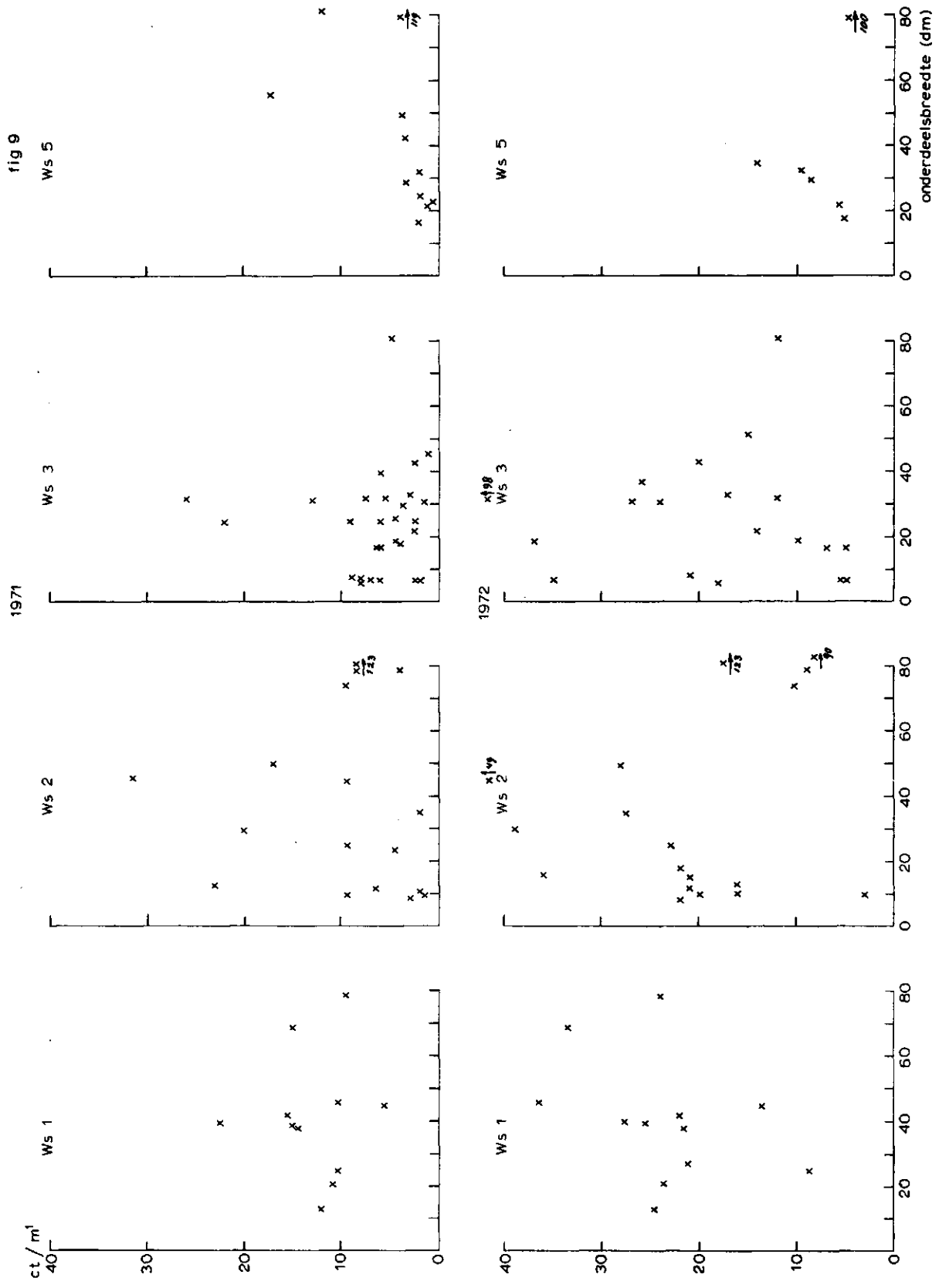


Fig. 9. Kosten per beurt van de bodem versus de breedte

#### 2.2.4. Bodem

In figuur 9 zijn de kosten per beurt van de bodem uitgezet. De figuur laat zeer grote kostenverschillen zien. Een verband tussen de kosten en de bodembreedte is niet aanwezig. Aangezien de maaifrequentie voor de bodem per waterschap praktisch gelijk is (zie figuur 4) kunnen de verschillen niet worden toegeschreven aan verschillen in maaifrequentie.

De gemiddelde kosten per beurt van de bodem bedragen in ct/m<sup>1</sup>:

Waterschap	1971	1972	Gemiddeld over 1971 en 1972
1	13,9	23,6	18,7
2	11,2	18,8	15,0
3	8,9	20,1	14,5
5	6,8	9,6	8,2
Over de waterschappen			14,1

#### 2.2.5. Het gehele profiel

Figuur 10 geeft de maaikosten per beurt van het gehele profiel. Evenals bij de jaarlijkse maaikosten zijn de kostenverschillen groot. De kosten worden ook hier niet beïnvloed door de breedte.

2.2.6. Vergelijking van de maaikosten van leidingen die één beurt per jaar krijgen met die waarvan de kosten per beurt bepaald zijn als gemiddelde uit meerdere beurten per jaar.

In de voorgaande paragrafen is naar voren gekomen dat zowel de jaarlijkse maaikosten als die per beurt niet afhankelijk zijn van de onderdeelbreedte. De berekening van deze kosten per beurt vond plaats door de jaarlijkse maaikosten te delen door de maaifrequentie. In enkele gevallen werd jaarlijks slechts 1 beurt gegeven. De gegevens over deze leidingen geven de kosten voor één beurt per jaar. Het is nu mogelijk dat bij de door ons gevolgde berekeningsmethode kostenverschillen door meerdere beurten niet duidelijk tot uiting komen. We trachten hier nu meer klaarheid in te brengen door de kosten te vergelijken in die waterschappen waar de combinatie van één en van

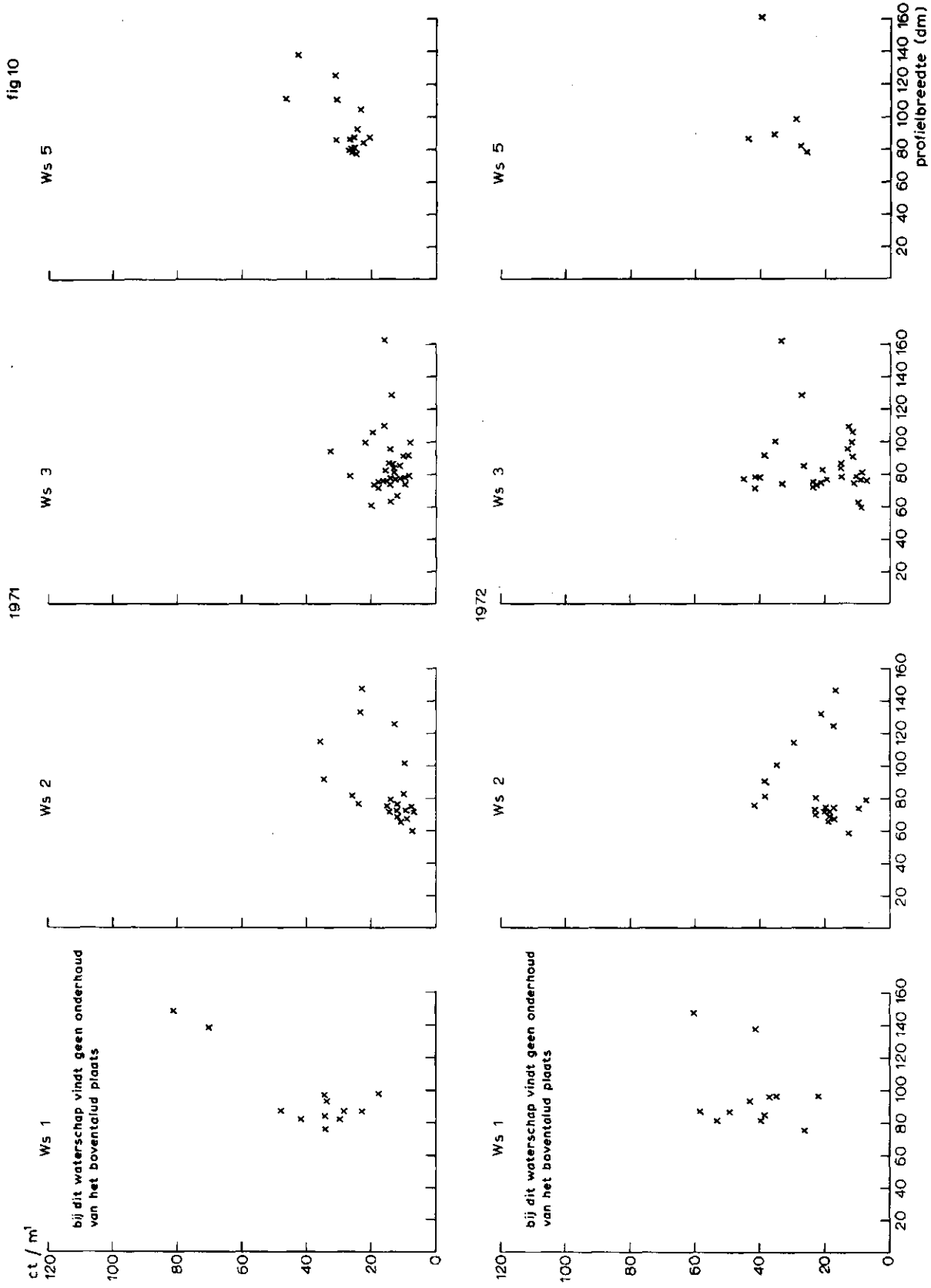


Fig. 10. Kosten per beurt van het gehele profiel versus de profielbreedte

meerdere beurten voorkomt. De leidingonderdelen waarbij dit het geval is blijken echter beperkt aanwezig te zijn in de onderzochte waterschappen in de jaren 1971 en 1972. Voor de betreffende onderdelen worden de maaikosten in relatie met de onderdeelsbreedte gegeven in figuur 11, waarbij aangegeven is hoe de kosten berekend zijn. Aan de hand van figuur 11 kan geconstateerd worden dat de kosten van de enkele beurt in de regel hoger liggen dan de kosten van het gemiddelde uit meerdere beurten. De verschillen blijken echter minimaal te zijn.

### 2.3. G e v o l g t r e k k i n g e n m a a i k o s t e n v e r s u s o n d e r d e e l s b r e e d t e

Uit paragraaf 2.1. en 2.2. blijkt dat de maaionderhoudskosten per  $m^1$ , voor zowel de profielonderdelen afzonderlijk als voor het gehele profiel, niet afhankelijk zijn van de onderdeelsbreedte c.q. de profielbreedte.

In de voorgaande nota's werd ook steeds een kosten vergelijking gemaakt waarbij de kosten per oppervlakte eenheid ( $m^2$ ) worden uitgedrukt. Als de kosten per  $m^1$  onafhankelijk zijn van de onderdeelsbreedte dan zullen de kosten per  $m^2$  afnemen bij toenemende breedte van de watergang. Het zoeken van een relatie tussen de kosten uitgedrukt per  $m^2$  en de onderdeelsbreedte heeft hierdoor weinig zin meer.

fig 11

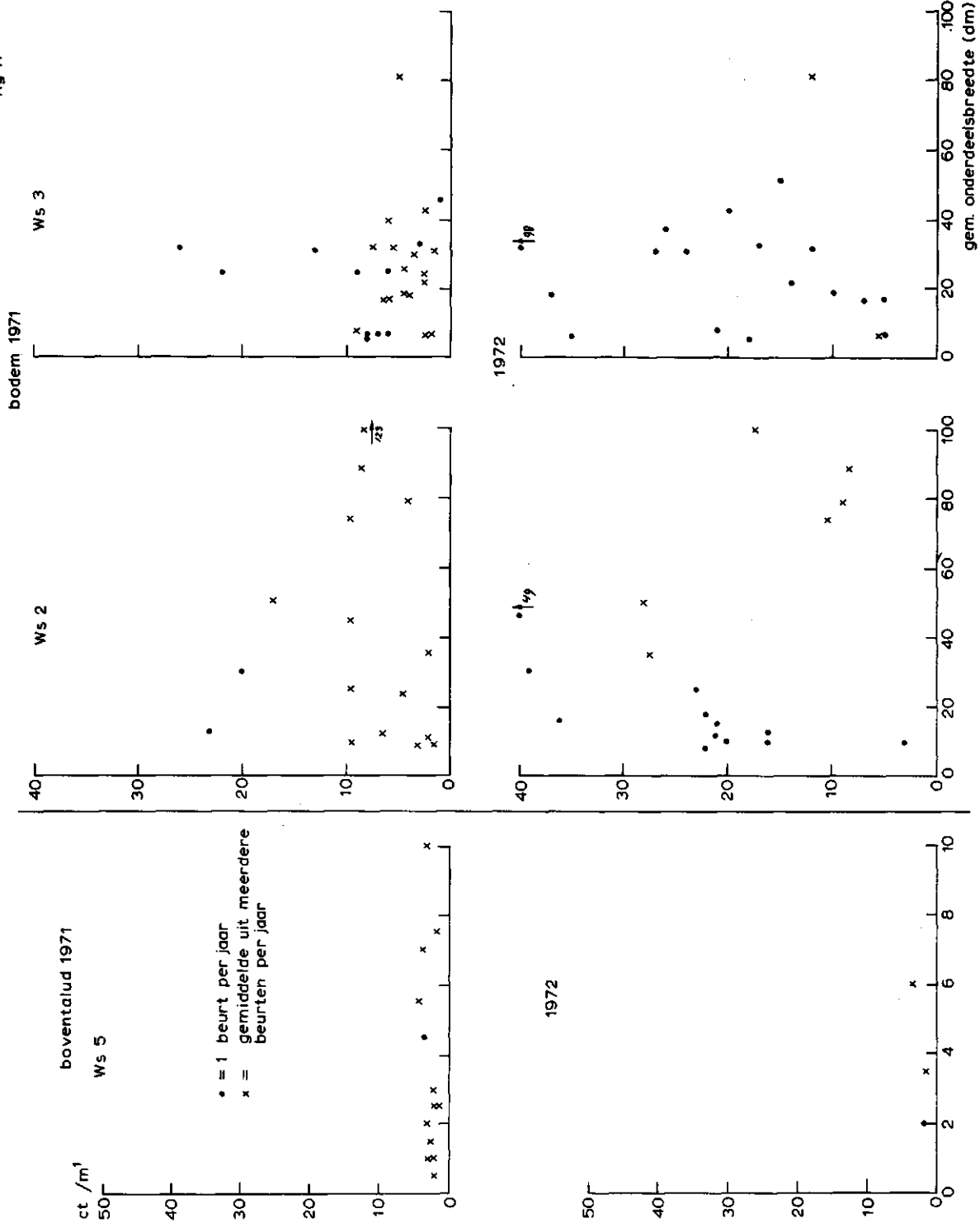


Fig. 11. Maaikosten per beurt



### 3. MOGELIJKE OORZAKEN VAN DE GROTE KOSTENVERSCHILLEN

De in de paragrafen besproken grote verschillen in de maaikosten komen zowel binnen de afzonderlijke waterschappen als tussen de waterschappen onderling voor. De jaarkosten en de kosten per beurt blijken niet samen te hangen met de onderdeelbreedte en de waterhoogte.

Als factoren welke mogelijk de oorzaak zijn van deze kostenverschillen kunnen worden genoemd:

- a Verschillen in maaifrequentie
- b Verschillen in mechanisatiegraad
- c Verschillen in kostprijs van de machine
- d Verschillen in prestatie van de machine
- e Verschillen in manuurkosten
- f Verschillen in onderhoudsmethode c.q. werkmethode
- g Verschillen in leidingtoestand

Deze verschillen zullen nu achtereenvolgens worden besproken. Hierbij beperkt deze nota zich, zoals reeds in de inleiding werd aangegeven, tot de factoren a en b.

#### 3.1. M a a i f r e q u e n t i e

De maaifrequentie van gelijke onderdelen verschilt sterk, zowel binnen hetzelfde waterschap als tussen de verschillende waterschappen onderling. Indien de totale maaikosten verschillen, zou het verschil in maaifrequentie een verklaring kunnen geven. Daarom werden de jaarlijks maaikosten en de maaifrequentie per waterschap en per jaar voor de afzonderlijke onderdelen bijeengebracht. De figuur 12 geeft de cijfers voor de kosten in ct/m<sup>1</sup> en de figuur 13 voor de kosten in ct/m<sup>2</sup>

Uit deze figuren blijkt het volgende:

**B o v e n t a l u d.** In de waterschappen 2 en 3 is weinig onderhoud aan dit onderdeel uitgevoerd. De kosten lopen nogal uiteen. In waterschap 5 bestaat een geringe neiging tot stijging van de jaarkosten bij toename van het aantal beurten. Uit de gegevens van 1972 blijkt dat dit onderdeel in waterschap 3 relatief duur is ten opzichte van die in andere waterschappen.

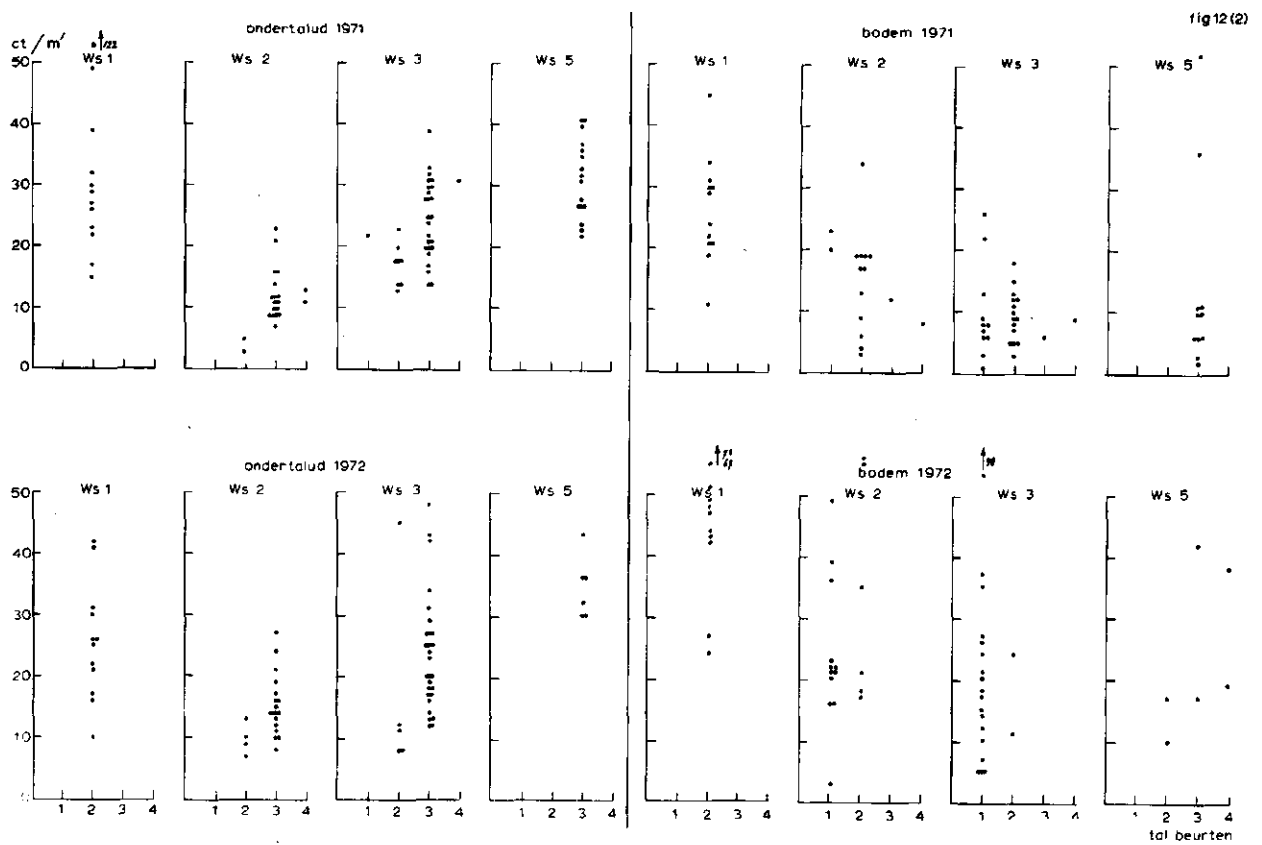
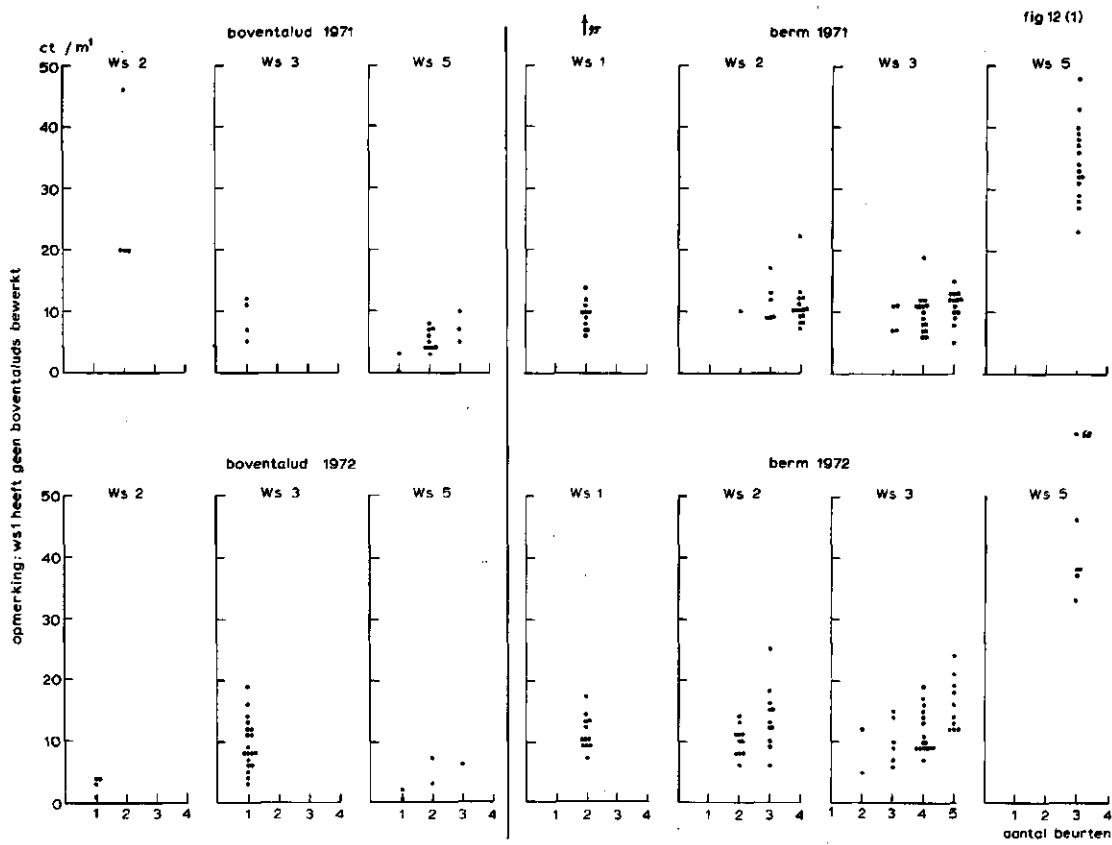


Fig. 12. Jaarlijkse maaikosten in  $ct/m^3$  versus maaifrequentie

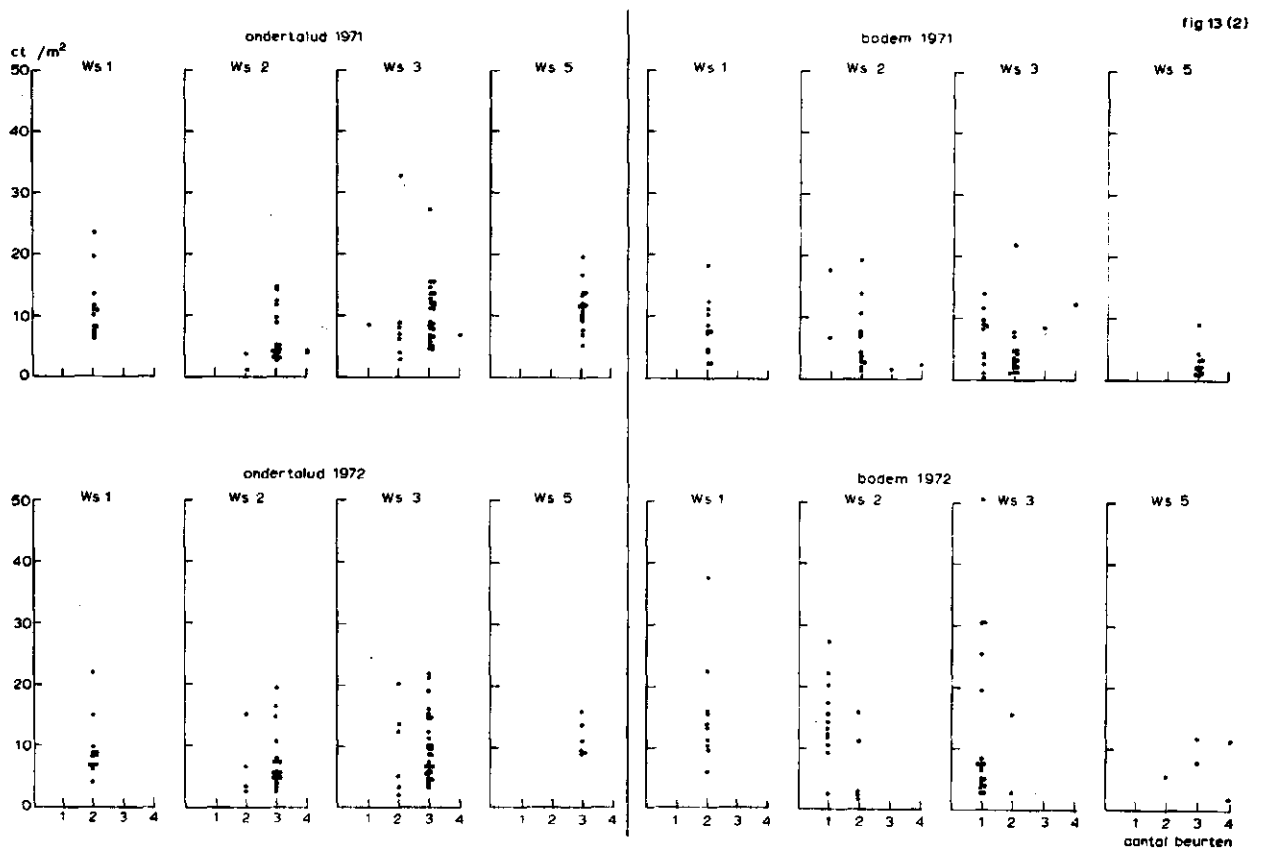
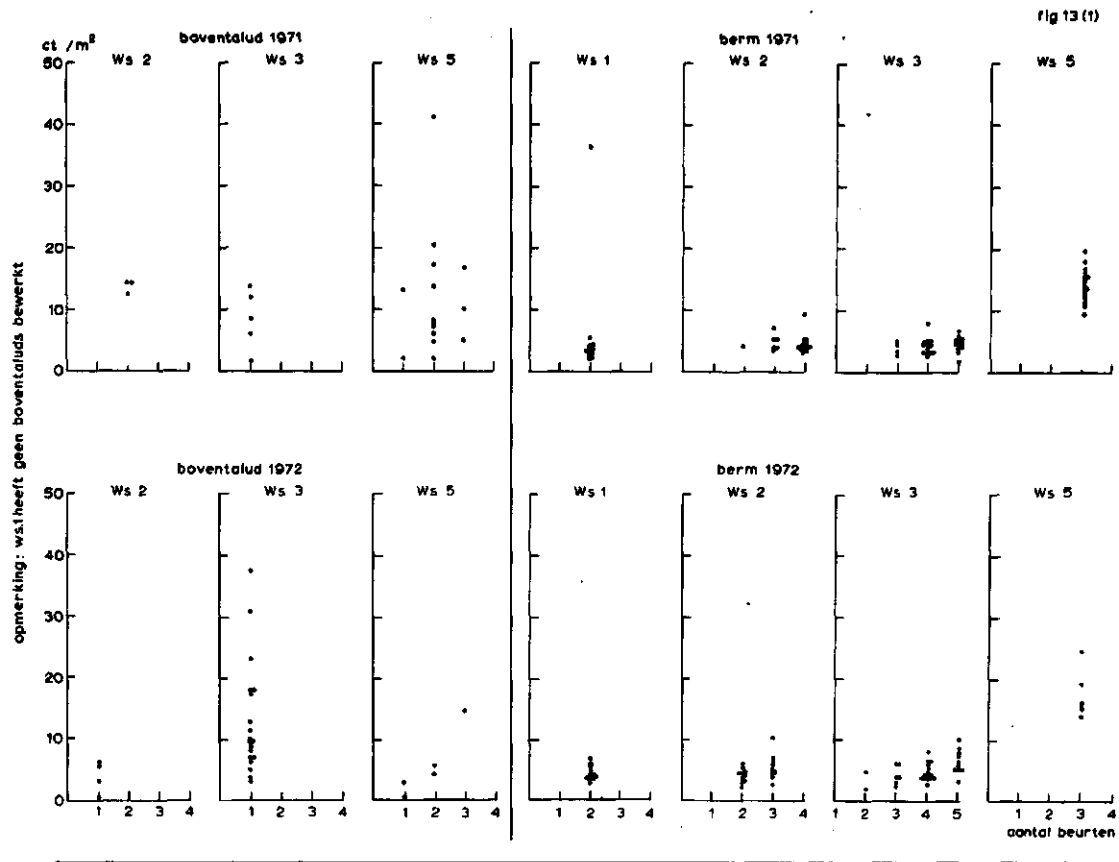


Fig. 13. Jaarlijkse maaikosten in ct/m<sup>2</sup> versus maaifrequentie

B e r m. Er bestaat weinig verschil in kosten tussen de waterschappen 1, 2 en 3, terwijl dit onderdeel in waterschap 5 duur uitvalt. De tendens dat meer beurten hogere totaalkosten geven is aanwezig.

O n d e r t a l u d. De kosten van de waterschappen 1,3 en 5 liggen parktisch op gelijk niveau, die van waterschap 2 liggen lager. De tendens dat meer beurten hogere totaalkosten geven blijft.

B o d e m. Dit onderdeel is in waterschap 1 duur, doch de kostenverschillen binnen alle waterschappen zijn groot, zodat weinig verschil tussen de waterschappen optreedt. In waterschap 3 bestaat voor 1971 de tendens van een verlaging van de kosten bij toename van 1 naar 2 beurten. Er is een kostenstijging in 1972 ten opzichte van 1971. De kosten uitgedrukt in  $\text{ct/m}^2$  zijn in waterschap 5 het laagst, in de andere waterschappen gelijk. De waterschappen 3 en 2 tonen een kleine afname in de kosten bij overgang van 1 naar 2 beurten.

Uit de figuur 12 blijkt dat voor boventalud, berm en ondertalud de jaarlijkse kosten in  $\text{ct/m}^1$  toenemen naar mate het aantal beurten groter wordt. Voor de bodem geldt dit ook in zekere mate. Aan de hand van de figuur 13 blijkt dat voor de onderdelen boventalud, berm en ondertalud eveneens de jaarlijkse kosten in  $\text{ct/m}^2$  toenemen naar mate de maaifrequentie stijgt. Voor de bodem dalen de jaarlijkse kosten naarmate het aantal beurten groter wordt.

Omdat er aanwijzingen bestaan dat de jaarlijkse maaikosten van de verschillende onderdelen beïnvloed worden door de maaifrequentie van die onderdelen, was het interessant na te gaan welk verband er tussen de gemiddelde kosten per beurt en het aantal beurten bestaat. Daartoe werden per waterschap, jaar en onderdeel de gemiddelde maaikosten per beurt berekend indien aan 4 of meer leidingen hetzelfde aantal beurten was gegeven. De maaifrequentie van de verschillende onderdelen verschilt niet alleen tussen de waterschappen onderling maar ook tussen de leidingen in hetzelfde waterschap. Zodoende konden voor een aantal onderdelen de gemiddelde maaikosten per beurt bij verschillende maaifrequenties worden bepaald. Helaas werd in geen van de 4 waterschappen het maaionderhoud zo frequent uitgevoerd dat voor dit onderdeel de gemiddelde kosten voor een opeenvolgend gelijk aantal beurten uit de gegevens van minstens 4 leidingen konden worden berekend.

Voor het boventalud zijn daarom bij wijze van uitzondering de gemiddelde kosten bepaald uit de gegevens van 3 of meerdere leidingen. Voor zover mogelijk werd het kostenverschil tussen twee opeenvolgende frequenties uitgedrukt als percentage van het eerste van de twee. De aldus berekende waarden zijn in tabel 1 op basis van ct/m<sup>1</sup> en in tabel 2 op basis van ct/m<sup>2</sup> weergegeven.

Uit tabel 1 blijkt dat voor alle onderdelen de kosten per beurt afnemen naarmate de maaifrequentie toeneemt. De grootste afname in de kosten per beurt wordt gevonden bij de bodem. Bij een overgang van 1 naar 2 beurten wordt hier een gemiddelde afname van  $\pm 41\%$  in de kosten per beurt berekend. Wat de berm betreft valt te constateren dat de afname in de kosten iets kleiner wordt naarmate de maaifrequentie wordt opgevoerd. Aangezien voor de overige onderdelen het verschil in aantallen beurten veel geringer was, kan niet worden waargenomen of deze tendens ook daar optreedt.

Tabel 2 geeft praktisch hetzelfde resultaat. Alleen verschillen de cijfers vanwege het verschil in berekeningsbasis. De afname van de kosten per beurt bij toenemende maaifrequentie valt te verklaren uit het feit dat door het opvoeren van het aantal beurten de te maaien vegetatie korter blijft. Hierdoor kan de rijsnelheid toenemen waardoor de maaitijd per beurt wordt bekort hetgeen kostenverlagend werkt. Uit de feiten blijkt bepaald niet dat de totaalkosten bij meer beurten lager zijn.

Geconstateerd is dat zowel grote kostenvariaties als grote verschillen in de frequentie bij het maaionderhoud van de diverse profielonderdelen in en tussen de waterschappen voorkomen.

Indien per waterschap en per onderdeel deze totale maaikosten blijken samen te hangen met de maaifrequentie mag verondersteld worden dat het verschil in maaifrequentie een gedeeltelijke oorzaak is van de geconstateerde kostenverschillen. Of de kostenverschillen werkelijk samenhangen met de verschillen in de maaifrequentie kan worden vastgesteld door na te gaan of de verhouding van de maaifrequenties tussen de waterschappen gelijk is aan de verhouding van de gemiddelde jaarlijkse maaikosten per onderdeel.

Tabel 1. Gemiddelde kosten per beurt en kostenverschillen in procenten afhankelijk van de maaifrequentie (kosten in ct/m<sup>1</sup>)

Waterschap	Jaar	maaifrequentie									
		1		2		3		4		5	
		kosten per beurt	X <sup>1)</sup>	kosten per beurt	X	kosten per beurt	X	kosten per beurt	X	kosten per beurt	X
<b>Boventalud</b>											
1	71										
	72										
2	71			13,25							
	72	3,0									
3	71	7,2									
	72	9,47									
5	71			2,6		2,44 <sup>2)</sup>	-6				
	72										
<b>Berm</b>											
1	71			4,72							
	72			5,54							
2	71					3,83		2,68	-30		
	72			5,45		4,22	-23				
3	71					3,0		2,57	-14	2,21	-14
	72					3,39		2,91	-12	3,22	+11
5	71					11,45					
	72					14					
<b>Ondertalud</b>											
1	71			17,96							
	72			12,83							
2	71					4,07					
	72			4,87		5,09	+4				
3	71			8,62		8,23	-4				
	72			11,33		7,84	-31				
5	71					10,5					
	72					11,5					
<b>Bodem</b>											
1	71			13,20							
	72			23,75							
2	71			7,45							
	72	24,00		16,83	-30						
3	71	9,91		4,73	-52						
	72	17,53									
5	71					4,64					
	72										

1) De bij X genoemde waarde is de toe- (+) of afname (-) in procenten van de kosten uit de voorgaande kolom, waarvan de maaifrequentie één beurt lager ligt.

2) Bepaald uit de waarden van 3 leidingen.

Tabel 2. Gemiddelde kosten per beurt en kostenverschillen in procenten afhankelijk van de maaifrequentie (kosten in ct/m<sup>2</sup>)

Waterschap	Jaar	maaifrequentie									
		1		2		3		4		5	
		kosten per beurt	X <sup>1)</sup>	kosten per beurt	X	kosten per beurt	X	kosten per beurt	X	kosten per beurt	X
Boventalud											
1	71										
	72										
2	71			12,44							
	72	4,06									
3	71	8,4									
	72	13,06									
5	71			6,44		3,53 <sup>2)</sup>	-46				
Berm											
1	71			3,19							
	72			2,13							
2	71					1,59		1,12	-30		
	72			2,08		1,90	-9				
3	71					1,26		1,07	-15	0,92	-14
	72					1,42		1,14	-20	1,31	+15
5	71					4,77					
	72					5,84					
Ondertalud											
1	71			5,73							
	72			4,60							
2	71					2,23					
	72			3,43		2,53	-26				
3	71			4,96		3,45	-30				
	72			4,70		3,24	-31				
5	71					3,83					
	72					3,81					
Bodem											
1	71			4,07							
	72			7,15							
2	71			3,35							
	72	14,78		3,07	-79						
3	71	6,61		2,29	-65						
	72	12,82									
5	71					0,982					

1) De bij X genoemde waarde is de toe- (+) of afname (-) in procenten van de kosten uit de voorgaande kolom, waarvan de maaifrequentie één beurt lager ligt.

2) Bepaald uit de waarden van 3 leidingen.

Hiervoor kunnen we gebruik maken van de tabellen 1 en 2 uit nota 798. Hieruit worden zowel de kostenverhoudingen tussen de waterschappen per onderdeel als de verhouding in de maaifrequenties berekend. De resultaten van deze berekening worden gegeven in Tabel 3. Daarnaast is ook nog het quotient tussen de beide verhoudingsgetallen in tabel 3 opgenomen.

Tabel 3. Verhoudingen tussen de maaifrequenties, tussen de jaarlijkse maaikosten en het quotient daarvan.

Onderdeel	kosten dimensie	jaar	Waterschap											
			1			2			3			5		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Boventalud	ct/m <sup>1</sup>	1971				1	4,5	4,5	1	1,5	1,5	2,1	1	0,48
		1972				1	1	1	1	5,5	5,5	1,7	1,65	0,97
	ct/m <sup>2</sup>	1971				1	2,1	2,1	1	1,1	1,1	2,1	1	0,48
		1972				1	1	1	1	8,9	8,9	1,7	3,8	2,23
Berm	ct/m <sup>1</sup>	1971	1	1,68	1,68	1,34	1	0,75	2,15	1,05	0,49	1,5	3,3	2,2
		1972	1	1	1	1,25	1,21	0,97	2	1,15	0,58	1,5	4,04	2,69
	ct/m <sup>2</sup>	1971	1	1,56	1,56	1,34	1	0,75	2,15	1,02	0,47	1,5	3,33	2,22
		1972	1	1	1	1,25	1,3	1,04	2	1,2	0,6	1,5	4,32	2,88
Ondertalud	ct/m <sup>1</sup>	1971	1	3,24	3,24	1,5	1	0,67	1,4	2,07	1,48	1,5	2,77	1,85
		1972	1	1,54	1,54	1,4	1	0,71	1,4	1,6	1,14	1,5	2,19	1,46
	ct/m <sup>2</sup>	1971	1	2,26	2,26	1,5	1	0,67	1,4	1,41	1,01	1,5	2,07	1,38
		1972	1	1,1	1,1	1,4	1	0,71	1,4	1,11	0,79	1,5	1,61	1,07
Bodem	ct/m <sup>1</sup>	1971	1,92	2,98	1,55	1,41	1,76	1,25	1	1	1	1,92	1,45	0,75
		1972	2	2,34	1,17	1,3	1,21	0,93	1	1	1	2,83	1,36	0,48
	ct/m <sup>2</sup>	1971	1,92	2,21	1,15	1,41	1,07	0,76	1	1,07	1,07	1,92	1	0,52
		1972	2	2,3	1,15	1,3	1	0,77	1	1,33	1,33	2,83	1,52	0,54

A = het verhoudingsgetal tussen het aantal maaibeurten per jaar  
 B = het verhoudingsgetal tussen de jaarlijkse maaikosten per waterschap  
 C = het quotient  $\frac{B}{A}$

Het cijfer 1 in de kolom A wil zeggen dat dit waterschap het minste aantal beurten heeft toegepast op het betreffende onderdeel. Een 1 in de kolom B betekent dat het waterschap de laagste jaarlijkse maaikosten voor dat onderdeel had. Indien in kolom C een 1 verschijnt dan komt het verhoudingsgetal van de kosten overeen met het verhoudingsgetal van de



maai-frequentie. Uit de tabel blijkt dat in nagenoeg geen enkel geval de verhoudingsgetallen voor de maaifrequentie evenredig samenhangen met de verhoudingsgetallen voor de jaarlijkse maaikosten. Een vrij goede samenhang komt voor bij het ondertalud in 1972 en bij de bodem in 1971, indien de kosten worden uitgedrukt in ct/m<sup>2</sup>. Worden de kosten uitgedrukt in ct/m<sup>1</sup> dan wordt de samenhang alleen gevonden bij de bodem in 1972.

Om toevallige afwijkingen te elimineren werd een zelfde bewerking uitgevoerd voor de gemiddelde kosten over 1971 en 1972 (tabel 4).

De waterschappen waarvan de kosten per onderdeel het meest overeenkomen met de verhoudingsgetallen van de maaifrequenties zijn herkenbaar aan die waarden in kolom C die het dichtst bij 1 liggen.

Tabel 4. Verhouding tussen de gemiddelde van de maaifrequenties en de gemiddelde maaikosten (over 1971 en 1972) en het quotient daarvan.

Onderdeel	Waterschap											
	1			2			3			5		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Boventalud	Geen boventalud			1	2,15	2,15	1	4,25	4,25	1,9	1,86	0,98
Berm	1	1,35	1,35	1,29	1,13	0,88	2,07	1,10	0,53	1,5	3,74	2,49
Ondertalud	1	2,03	2,03	1,45	1	0,69	1,4	1,55	1,11	1,5	2,16	1,44
Bodem	1,96	2,46	1,25	1,35	1,26	0,93	1	1,1	1,1	2,37	1,33	0,56

A = het verhoudingsgetal tussen het gemiddelde aantal beurten per jaar

B = het verhoudingsgetal tussen de gemiddelde maaikosten per jaar

C = het quotient  $\frac{B}{A}$

Per onderdeel komen op deze wijze de volgende waterschappen naar voren:

Onderdeel	Waterschap met de beste samenhang tussen de maaikosten en maaifrequentie	Waterschap waar het maai-onderhoud per beurt het goedkoopste is.
Boventalud	5	5
Berm	2	3
Ondertalud	3	2
Bodem	2 en 3	5

In het bovenstaande komt als belangrijkste punt naar voren, dat de jaarlijkse maaikosten van de waterschappen geen gelijke tred houden met de maaifrequentie. We mogen dan aannemen dat het verschil in maaifrequentie niet de oorzaak is van de grote kostenverschillen. Zoals trouwens ook in paragraaf 2.2. bleek zijn de verschillen in de kosten indien rekening gehouden wordt met de maaifrequentie, eveneens groot, hetgeen het zojuist gestelde bekrachtigt.

### 3.2. M e c h a n i s a t i e g r a a d

In dit hoofdstuk zal de invloed van de mechanisatiegraad op de kosten nader worden beschouwd. De door ons gehanteerde mechanisatiegraad, die het percentage aangeeft dat het aantal produktieve machineuren bedraagt van het totaal aantal produktieve manuren (mankracht + machinebediening) (HUMBERT-DE WILDE, 1973), wordt daarom vergeleken met de maaikosten in  $\text{ct/m}^1$  en  $\text{ct/m}^2$ .

#### 3.2.1. Boventalud

Het verband tussen de jaarlijkse maaikosten in  $\text{ct/m}^1$  c.q.  $\text{ct/m}^2$  en de mechanisatiegraad voor het boventalud wordt gegeven in de figuren 14 en 15. Hierbij wordt onderscheidt gemaakt tussen het aantal jaarlijkse maaibeurten. Wellicht ten overvloede wordt er op gewezen dat voor de punten welke op de verticale as liggen de mechanisatiegraad 0 is, doordat het maaionderhoud geheel in handkracht werd uitgevoerd. Uit deze figuren valt niet af te leiden dat de kosten afhankelijk zijn van de mechanisatiegraad. Het aantal punten is echter klein, omdat er weinig maaionderhoud aan het boventalud heeft plaats gehad.

#### 3.2.2. Berm

De relaties tussen de maaikosten in  $\text{ct/m}^1$  c.q.  $\text{ct/m}^2$  en de mechanisatiegraad voor de berm worden gegeven in de fig. 16 en 17. Met uitzondering van de relaties voor het waterschap 5, zowel in 1971 als in 1972, geven de figuren ook hier geen uitsluitend over het verband tussen de kosten en de mechanisatiegraad. De mechanisatiegraad is voor de berm vaak hoog en gelijk, zodat nagenoeg alle punten op een verticale lijn komen te liggen.

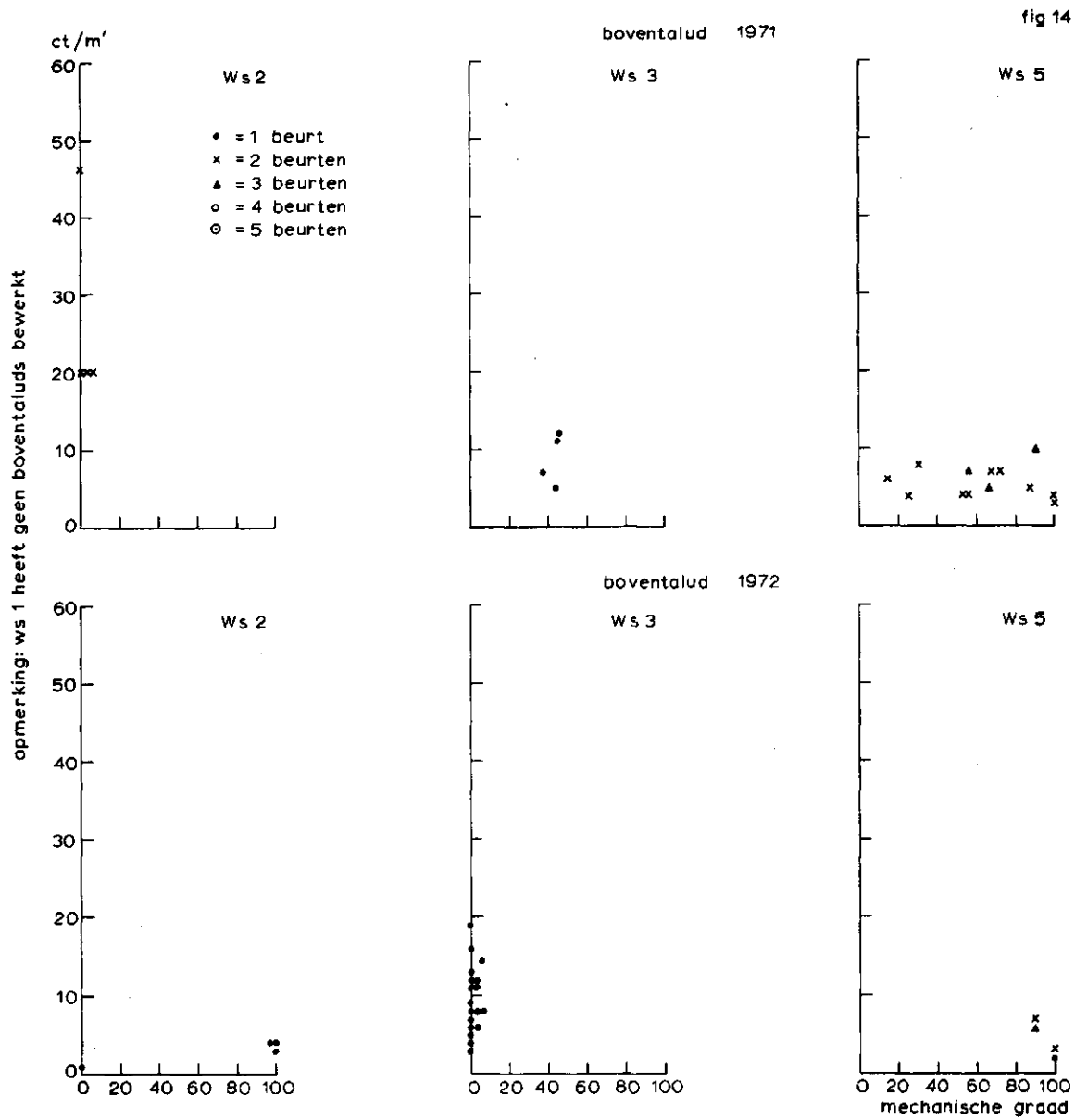


Fig. 14. Jaarlijkse maaikosten  $ct/m^3$  van de boventalud versus de mechanisatiegraad

fig 17

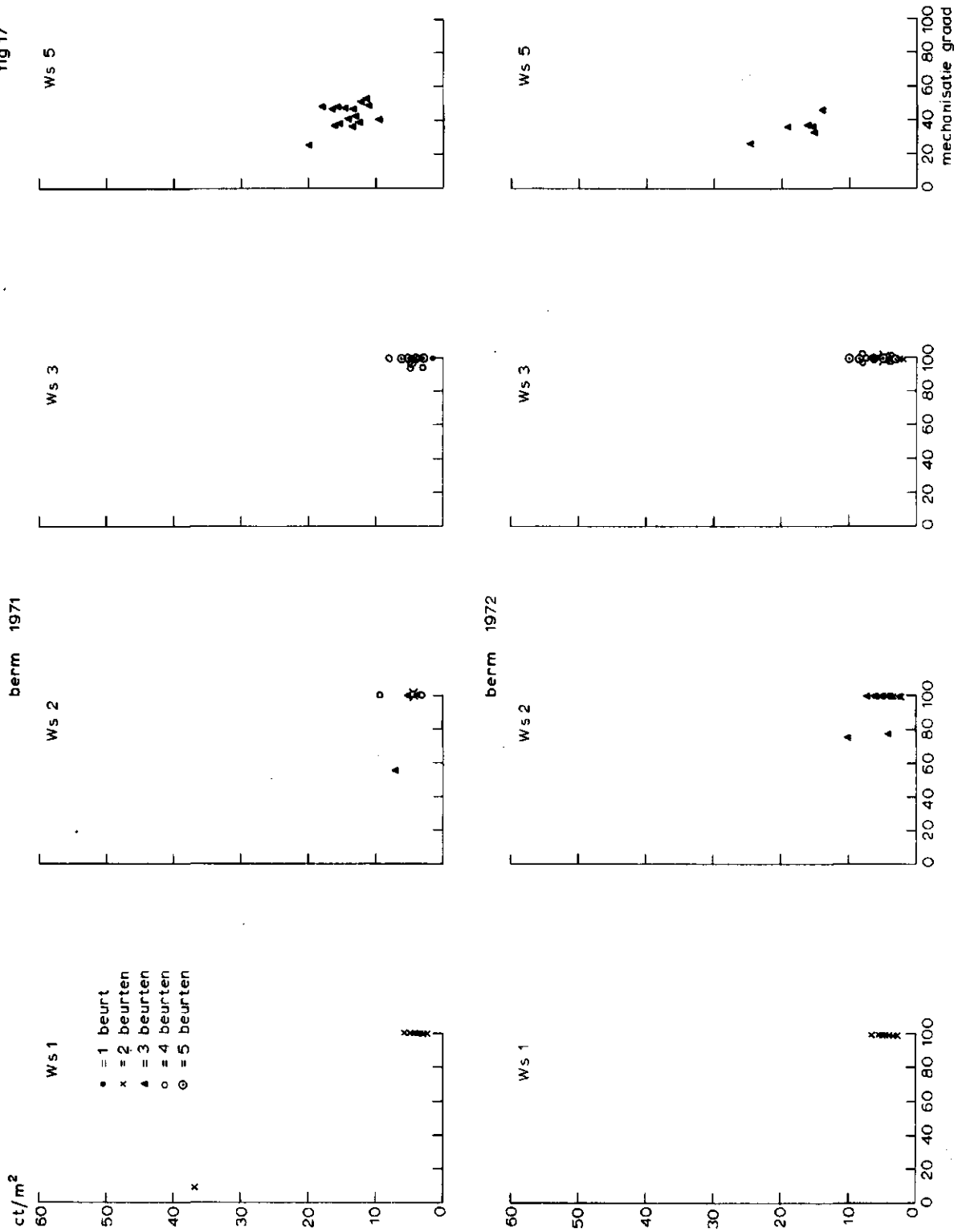


Fig. 17. Jaarlijkse maaikosten in ct/m<sup>2</sup> van de berm versus de mechanisatiegraad

Voor de waterschappen 1, 2 en 3 liggen de kosten op een ongeveer gelijk niveau, hetgeen het sterkst wordt benadrukt in figuur 17, waar deze kosten zijn gegeven in  $\text{ct}/\text{m}^2$ .

Voor waterschap 5 laten de figuren echter een zeker verloop in de kosten zien. De kosten worden lager naarmate de mechanisatiegraad hoger wordt. Bij dit waterschap, waar de mechanisatiegraad aanmerkelijk lager is dan bij de overige waterschappen, liggen de kosten gemiddeld 2 maal zo hoog. Deze lage mechanisatiegraad wordt hier mede veroorzaakt door meer toezichthoudend personeel en door de uitvoering van de mechanische werkzaamheden door meerdere personen hetgeen in de andere waterschappen niet of in mindere mate het geval is. Door deze toename van het aantal manuren wordt de mechanisatiegraad beïnvloed hetgeen met behulp van de definitie welke in de inleiding van paragraaf 3.2. gegeven wordt is in te zien.

### 3.2.3. Ondertalud

De kosten/mechanisatiegraad relaties voor het ondertalud worden voorgesteld door de figuren 18 en 19. In de beide figuren valt op dat de verscheidenheid in de mechanisatiegraden veel groter is dan bij beide voorgaande onderdelen. In praktisch alle relaties voor het ondertalud kan worden waargenomen dat de kosten dalen naarmate de mechanisatiegraad toeneemt. Dit verschijnsel werd in I.C.W. nota 798 verklaard uit de kostenverschillen die vermeld zijn in nota 821, hoofdstuk 7.

Uit de figuren volgt eveneens dat de afname van de kosten kleiner wordt naarmate de mechanisatiegraad toeneemt. Opvallend is het praktisch gelijke kostenniveau, tussen de waterschappen onderling in relatie met de mechanisatiegraad. Dit komt nog het beste tot uitdrukking in figuur 19 waar de kosten in  $\text{ct}/\text{m}^2$  zijn gegeven.

Bij uitdrukking van de maaikosten in  $\text{ct}/\text{m}^1$  mogen we voor het ondertalud globaal stellen dat deze kosten bij een mechanisatiegraad van 100%, ca.  $16 \text{ ct}/\text{m}^1$  bedragen. Voor de overige percentages worden hieronder de maaikosten, zowel in  $\text{ct}/\text{m}^1$  als in  $\text{ct}/\text{m}^2$ , in tabelvorm gegeven. Het in een aparte kolom opgegeven kosten indexcijfer vermeldt daarbij het aantal malen dat de kosten bij dat percentage hoger zijn dan die bij een mechanisatiegraad van 100%.

ct/m<sup>3</sup>

Ws 1

- = 1 beurt
- x = 2 beurten
- ▲ = 3 beurten
- = 4 beurten
- ⊙ = 5 beurten

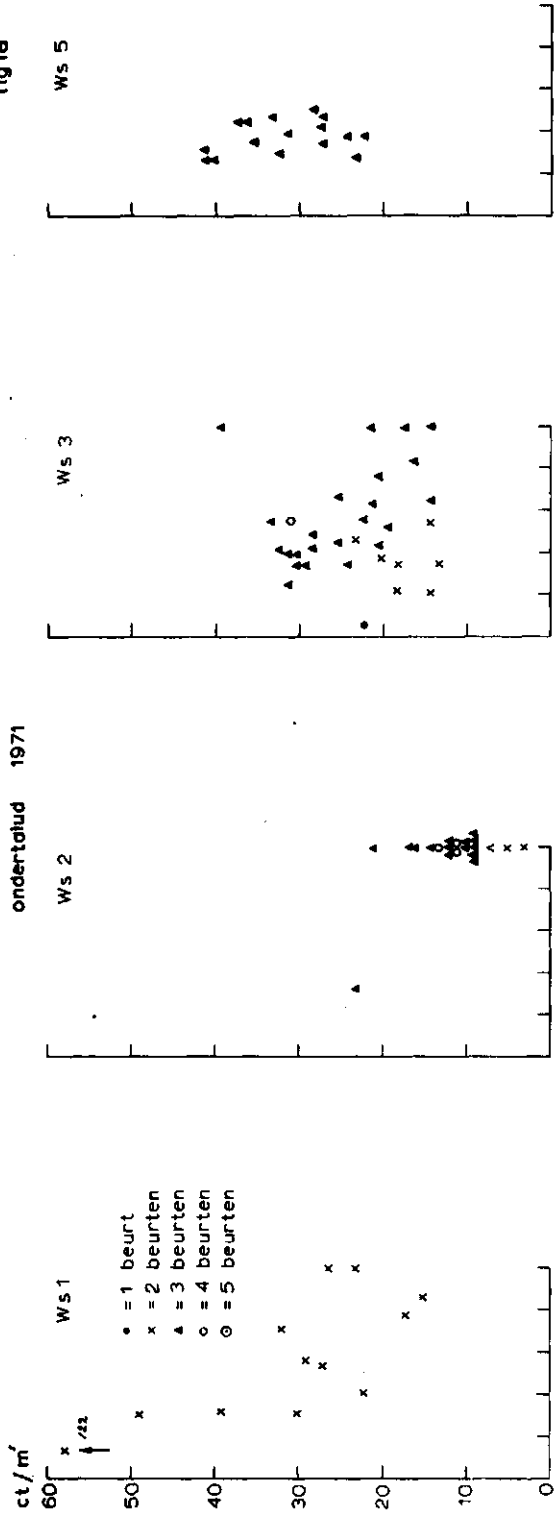


Fig. 18 Jaarlijkse maaikosten in ct/m<sup>3</sup> van het onderstalud versus de mechanisatiegraad

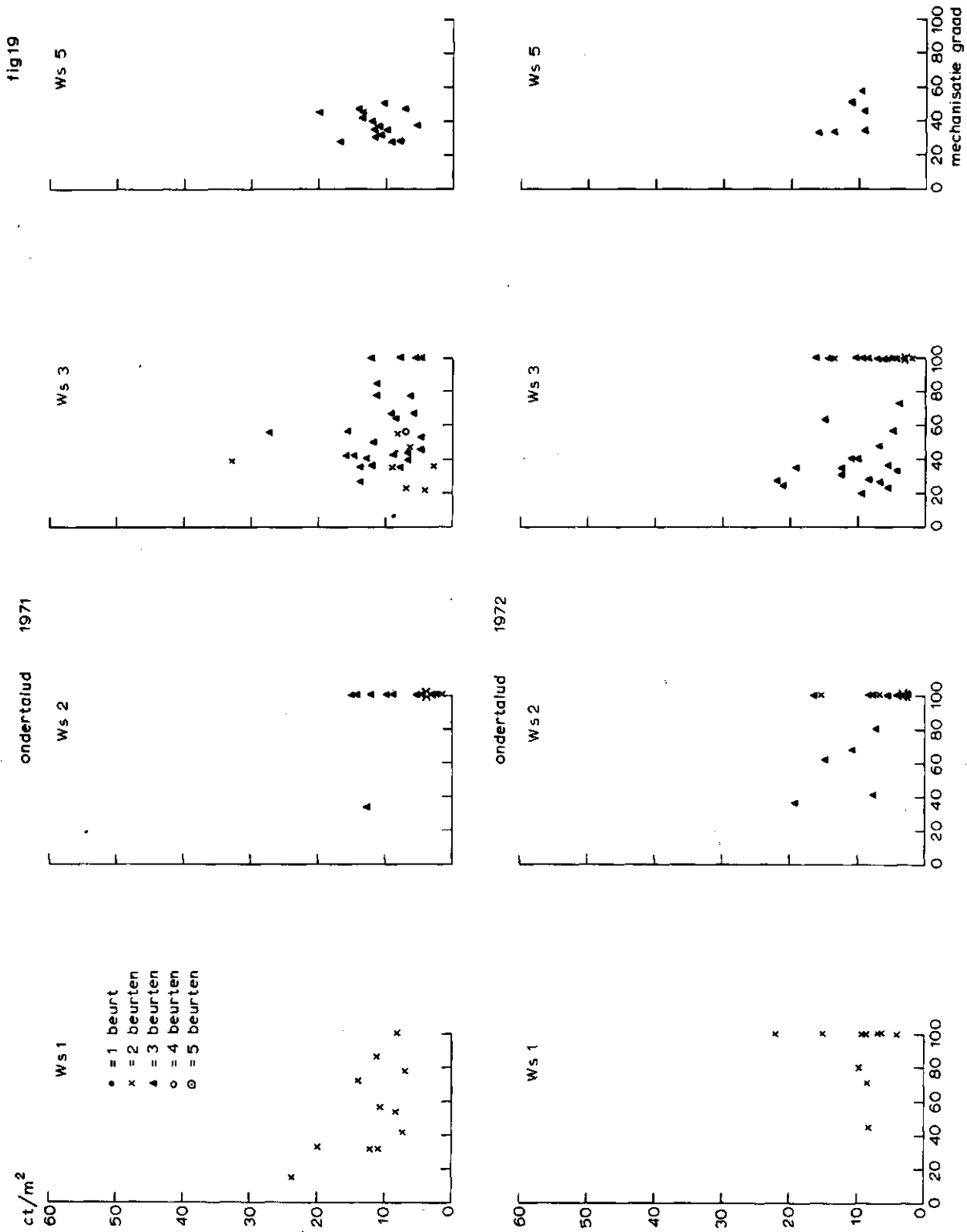


Fig. 19. Jaarlijkse maaikosten in ct/m<sup>2</sup> van het onderstalud versus de mechanisatiegraad

Mechanisatie- graad	kosten in ct/m <sup>1</sup> 1971/1972	kosten index	kosten in ct/m <sup>2</sup> 1971/1972	kosten index
100 %	16	1	6,7	1
80 %	19	1,2	7,6	1,1
60 %	24	1,5	9,7	1,4
40 %	33	2	13	1,9
20 %	56	3,5	19,7	3

#### 3.2.4. Bodem

Van het maaionderhoud van de bodem zijn de kosten uitgezet tegen de mechanisatiegraad in de figuren 20 en 21. Uit de beide figuren blijkt dat, vooral in vergelijking met voorgaande afbeeldingen in dit hoofdstuk, het maaionderhoud van de bodem het minst gemechaniseerd is.

In de meeste gevallen wordt het geheel in handkracht uitgevoerd. In slechts enkele leidingen van 2 van de 4 waterschappen heeft mechanisch bodemonderhoud plaats gevonden. Volgens I.C.W. nota 798 werd in 1971 en 1972 slechts 4% van het maaionderhoud van de bodem mechanisch uitgevoerd. Het resterende deel (96%) van dit onderhoud vond plaats in handkracht. Hierdoor is het niet mogelijk een eventueel bestaand verband tussen de kosten en de mechanisatiegraad te onderkennen.

#### 3.2.5. Conclusie kosten versus mechanisatiegraad

In de voorafgaande paragrafen van dit hoofdstuk (3.2.) kon worden vastgesteld dat de maaikosten van de berm en het ondertalud dalen naarmate de mechanisatiegraad toeneemt. Hoogstwaarschijnlijk geldt dit-zelfde voor het boventalud doch dit kon niet duidelijk worden aangetoond vanwege het geringe maaionderhoud aan deze taluds in de onderzochte waterschappen. Wel kon worden aangetoond dat de kostenverschillen van het maaionderhoud van de bodem bij de 4 onderzochte waterschappen niet worden veroorzaakt door de verschillen in de mechanisatiegraad.

Dat we algemeen mogen stellen dat de kosten van het maaionderhoud van de profielonderdelen dalen naarmate de mechanisatiegraad toeneemt,



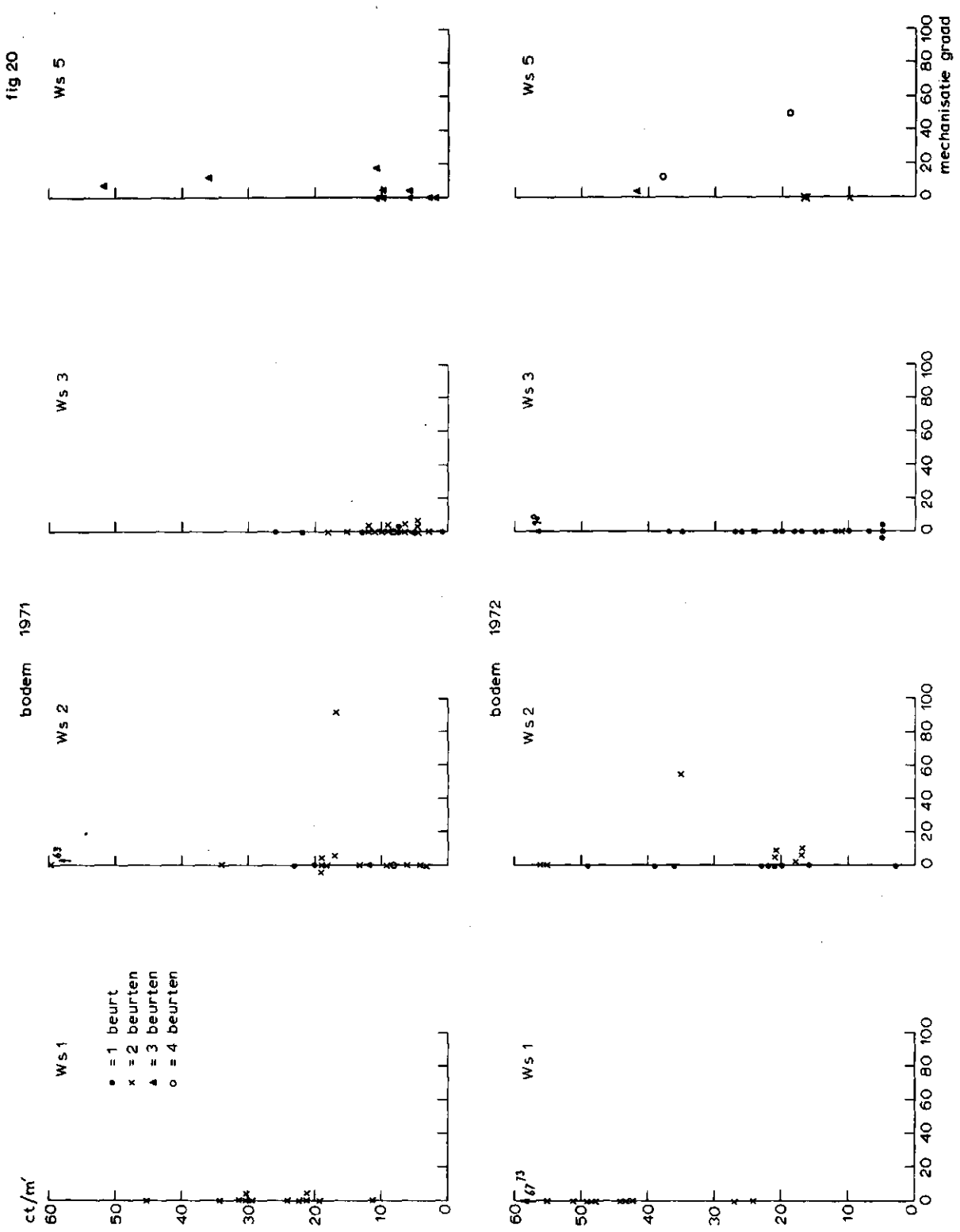


Fig. 20. Jaarlijkse maaikosten in  $ct/m^2$  van de bodem versus de mechanisatiegraad

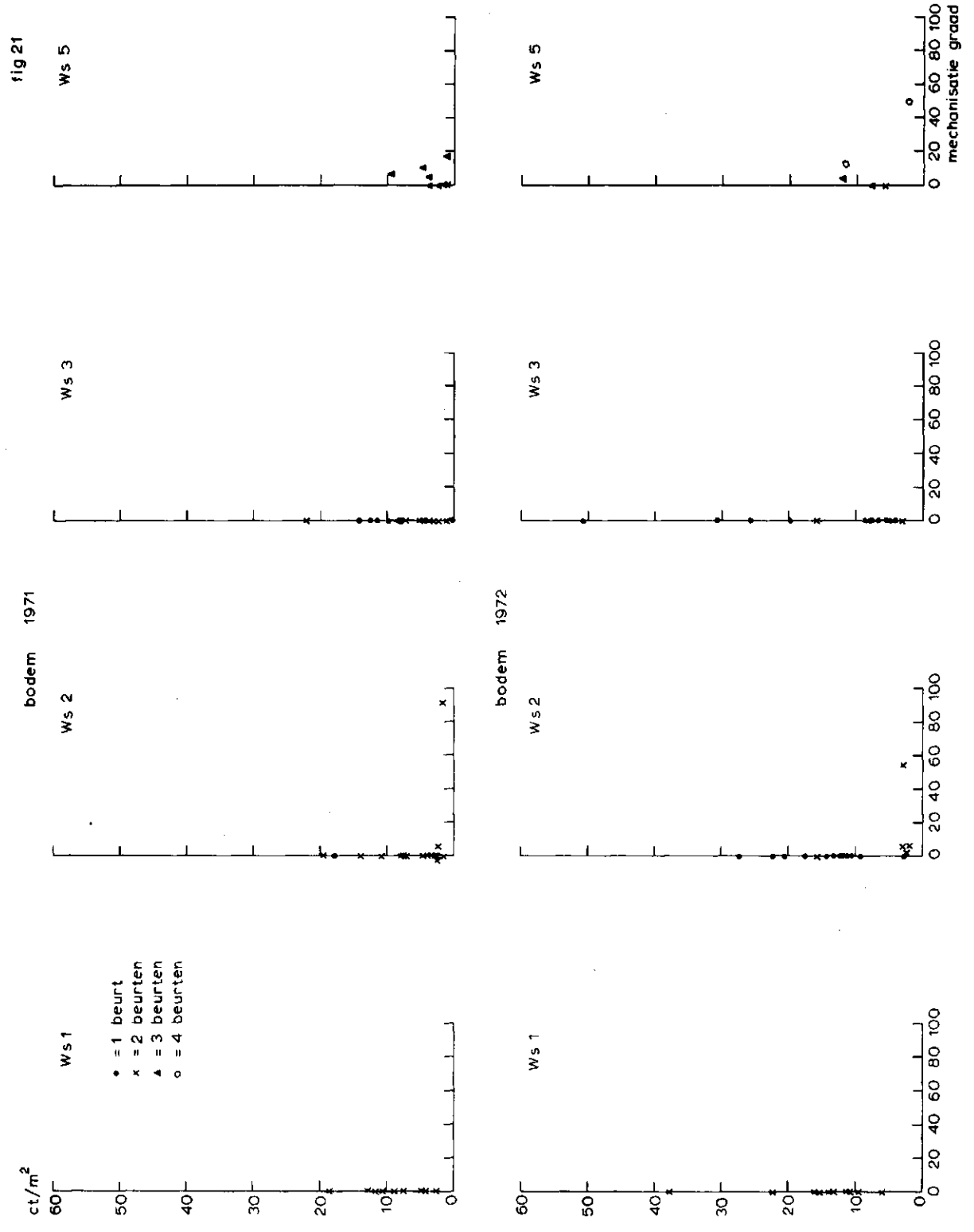


Fig. 21. Jaarlijkse maaikosten in ct/m<sup>2</sup> van de bodem versus de mechanisatiegraad

willen we op de volgende wijze verklaren.

Zoals reeds eerder in dit hoofdstuk gesteld, is de mechanisatiegraad

$$M_G = \frac{H_M}{H_{MB} + H_H} \quad (1)$$

waarin:  $H_M$  = het aantal machineuren

$H_{MB}$  = het aantal manuren machinebediening

$H_H$  = het aantal manuren handkracht

De jaarlijkse maaikosten  $K$  laten zich nu berekenen uit:

$$K = H_M \times F_M + H_{MB} \times F_H + H_H \times F_H \quad (2)$$

waarin:  $F_M$  = de machine kostprijs in  $f/u$

$F_H$  = de manuurkosten in  $f/u$

Alvorens nu de mechanisatiegraad  $M_G$  uitgezet wordt tegen de jaarlijkse maaikosten  $K$  herschrijven we de formules 1 en 2 in een iets beter hanteerbare vorm.

Hiertoe stellen we  $H_M = a$ ,  $H_{MB} + H_H = b$ ,  $M_G = x$  en  $K = y$

Vullen we deze waarden in in (1) en (2) dan vinden we

$$x = \frac{a}{b} \rightarrow b = \frac{a}{x} \text{ en}$$

$$y = a \times F_M + F_H \times b = a \times F_M + \frac{1}{x} \times a \times F_H \quad (3)$$

De nu gevonden formule 3 stelt een hyperbool voor met als horizontale asymptoot de lijn  $y = a \times F_M$  en een verticale asymptoot  $x = 0$  of de  $y$ -as, zie hiervoor fig. 22.

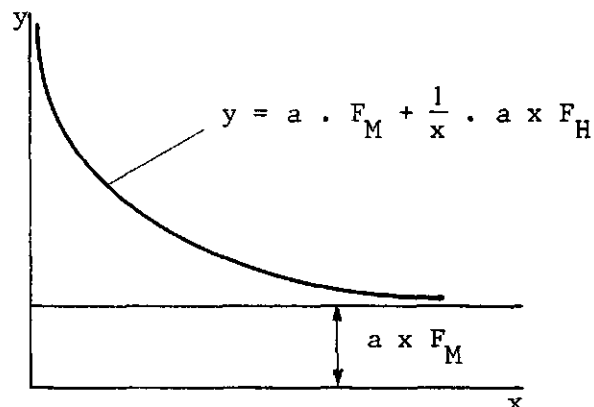


Fig. 22. Kostenverloop

Hiermede wordt dus verklaard dat indien we per waterschap de jaarlijkse maaikosten uitzetten tegen de mechanisatiegraad we steeds krommen zullen vinden welke een hyperbolisch verloop te zien geven, waarbij de kosten afnemen naarmate de mechanisatiegraad groter wordt.

Indien de waarden  $a \times F_M$  en  $a \times F_H$  voor ieder waterschap gelijk waren, dus constanten, dan zouden we 1 kromme vinden. Zowel  $a$ ,  $F_M$  als  $F_H$  zijn echter variabel en per waterschap verschillend. Kostenvariatiaties worden dus zoals hier is aangetoond uitsluitend veroorzaakt door variaties in de factoren  $a$ ,  $F_M$  en  $F_H$ . Hieruit volgt dat de kostenvariatiaties afhankelijk zijn van de variaties in het aantal machineuren, de machinekostprijs en de manuurkosten. Aan deze factoren zal in het resterende onderzoek de nodige aandacht worden besteed.

#### LITERATUUR

HUMBERT, H en J.G.S. DE WILDE, 1973. Vergelijkend onderzoek naar de onderhoudskosten van waterlopen.

II Een globale kostenvergelijking voor het gehele onderhoud  
nota ICW 775.

WILDE, J.G.S. DE en H. HUMBERT, 1974. Vergelijkend onderzoek naar de onderhoudskosten van waterlopen.

III Kostenvergelijking naar hoofdwerkzaamheid, nota ICW 798  
IV Machinenormen, nota ICW 821