

ENKELE TEGNIESE EN BEDRYFSREKENINGKUNDIGE
ASPEKTE AS KRITERIUM VIR IMPLEMENTERING
VAN NUMERIESE BEHEER IN DIE
VERVAARDIGINGSBEDRYF.

deur:

HENDRIK JACOBUS LE ROUX.

B.Sc., B.ING., H.B.A., GRAD.S.A.I.M.I.

Voorgelê ter gedeeltelike vervulling van die
vereistes vir die graad Magister in Bedryfs
administrasie, in die Fakulteit Ekonomiese
Wetenskappe. Potchefstroomse Universiteit vir
Christelike Hoër Onderwys, Potchefstroom.

V O R W O O R D

DIE INHOUD

Behalwe die konvensionele produksiemetodes wat in die vervaardigingsbedryf bekend is, is 'n nuwe produksiemetode, naamlik numeriese beheerde produksie, die afgelope twee dekades ontwikkel. Vir die bestuur in hierdie veld, wat te kampe het met toenemende arbeidskoste en beskikbaarheid van ambagslui, is dit van die grootste belang om bewus te wees van die moontlikhede en beperkinge van hierdie sisteem.

Op sowel die tegniese as ekonomiese gebied moet bestuur in staat wees om hierdie sisteem op 'n geordende, wetenskaplike wyse te ondersoek, te vergelyk met bestaande sisteme en te evalueer.

Die doel van hierdie skripsie is dan ook om 'n raamwerk te verskaf waarvolgens 'n ondersoek gedoen kan word. Alhoewel elke geval op eie meriete behandel behoort te word, is daar altyd gemeenskaplike faktore wat onder alle toestande oorweging behoort te geniet. Eerder as om in detail op 'n spesifieke geval in te gaan, is die doel dan ook hier om 'n algemene oorsig te gee van die tegniese en bedryfsrekenkundige aspekte wat 'n rol mag speel in die besluitnemingsproses.

ERKENNINGS

Graag wil ek van die geleentheid gebruik maak om Yskor te bedank vir die reproduksie- en fotografie-werk.

My hartlike dank aan die dosente van die fakulteit Ekonomiese Wetenskappe, vir hulle opleiding, hulp en raad. In die besonder wil ek my skripsieleier, Prof.A.J.E. Sorgdrager bedank vir sy raad en bystand.

Spesiale dank aan my moeder, wat my gedagtes in leesbare vorm gestel het.

My dank ook aan my vrou Helen vir haar geduld en bystand.

I N H O U D S O P G A W E

<u>HOOFSTUK I</u>	BLADSY
GENESIS VAN NUMERIESE BEHEER -----	1
1.1 DEFINISIE	1
1.1.1 'n Vereenvoudigde sisteem	1
1.2 GESKIEDENIS VAN NUMERIESE BEHEER --	3
1.2.1 Die beheer van geluid	4
1.2.2 Vroeë numeriese beheerde toerusting	4
1.2.3 Rekenaars	4
1.2.4 Latere ontwikkeling	5
1.3 DIE TOEKOMS VAN NUMERIESE BEHEER	6

HOOFSTUK II

TEGNIESE ASPEKTE VAN NUMERIESE BEHEER	
2.1 INLEIDING	9
2.1.1 Tipes beheersisteme	9
2.1.2 Tipes toerusting	9
2.2 BEHEERSISTEME	9
2.2.1 Punt tot punt beheer	9
2.2.2 Reguitlyn beheer	12
2.2.3 Kontinue beheer	13

vervolg

2.3	ANALISE VAN BEHEERKOMPONENTE	14
2.3.1	Bandleseren Buffergeheue	14
2.3.2	Interpoleerder	14
2.3.3	Terugvoeromskakelaar	14
2.3.4	Vergelyker	15
2.3.5	Aandryfmeganisme	15
2.4	TIPES TOERUSTING	15
2.4.1	Konvensionele omgeskakelde masjiene	16
2.4.2	Enkelspil en twee-as posisionele beheer	16
2.4.3	Multispilbore met twee-as posisionele gevalle	16
2.4.4	Boorbanke en freesmasjiene	16
2.4.5	Masjieneersentrums	17
2.4.6	Multispildraaibanke	18

HOOFSTUK III

IMPLEMENTERING : REDES EN VOORAFGAANDE
KENMERKE

3.1	REDES	19
3.2	VOORAFGAANDE KENMERKE	21
3.2.1	'n Relatief klein aantal onderdele per opstelling	21
3.2.2	Komplekse onderdele	23

3.2.3	Meervoudige ontwerpveranderinge	23
3.2.4	Minimum voltooi tyd	23
3.2.5	Hoë bewerkingsgereedskap koste	24
3.2.6	Hoë inspeksiekoste	24
3.2.7	Gedesentraliseerde aanlegte	25
3.2.8	Hoë skrotwaarde van halfvoltooide produkte	25
3.2.9	Beperkte vloerarea	25

HOOFSTUK IV

ANALISE VAN DIREKTE EN INDIREKTE BESPARING

4.1	INLEIDING	27
4.1.1	Direkte besparings	27
4.1.2	Indirekte besparings	27
4.2	DIREKTE BESPARINGS	27
4.2.1	Differensiële koste	28
4.2.2	Lotgrootte en kompleksiteit	29
4.2.3	DEPRESIASIE	33
4.2.4	Masjienbenutting	37
4.3	INDIREKTE BESPARINGS	37
4.3.1	Bewegingstyd	37
4.3.2	Lotgroottegebied	38
4.3.3	Voorraad, opberging en skedulering	39
4.3.4	Akkuraatheid	39

vervolg

4.3.5	Inspeksie	41
4.3.6	Operateursuitputting	41
4.3.7	Tipe personeel	42
4.3.8	Ander faktore	42

HOOFSTUK V

EKONOMIESE EVALUASIE VAN NUMERIESE BEHEERDE
TOERUSTING

5.1	INLEIDING	44
5.2	ONDERSOEKMETODES	44
5.2.1	Terugbetalingsperiode	45
5.2.2	Gemiddelde inkomste op belegging	46
5.2.3	Gemiddelde inkomste op gemiddelde belegging	46
5.2.4	Netto huidige waarde	46
5.2.5	Verdiskonteerde inkomstekoeers	47
5.2.6	MAPI - metode	47
5.3	VOORDELE VAN DIE MAPI - METODE	48
5.4	NADELE VAN DIE MAPI - METODE	48
5.5	TOEPASSING VAN DIE MAPI - METODE	49
5.5.1	Definering van 'n geskikte toe- passingsveld	49
5.5.2	Beoordeling van resultate	50
5.5.3	Keuse van toerusting	51

vervolg

5.5.4	Vervaardigingstyd van onderdele	51
5.5.5	Vergelyking van direkte masjienerings- koste	51
5.5.6	Bepaling van bokostebesparing	53
5.5.7	Vergelyking van toebehorekoste	54
5.5.8	Ander direkte besparings	55
5.5.9	Opsomming van resultate	55
5.5.10	Vergelyking van besparing en toege- deelde koste van belegging	57

HOOFSTUK VI

GEVALLESTUDIES

6.1	VERGELYKING TUSSEN 'N KONVENSIONELE SEKTER-DRAAIBANK EN 'N NUMERIESE BEHEERDE DRAAIBANK	59
6.2	VERGELYKING TUSSEN KONVENSIONELE EN NUMERIESE BEHEERDE INSPEKSIE	67
	SYNOPSIS	76
	BIBLIOGRAFIE	78

HOOFSTUK I

GENESIS VAN NUMERIESE BEHEER

1.1 DEFINISIE

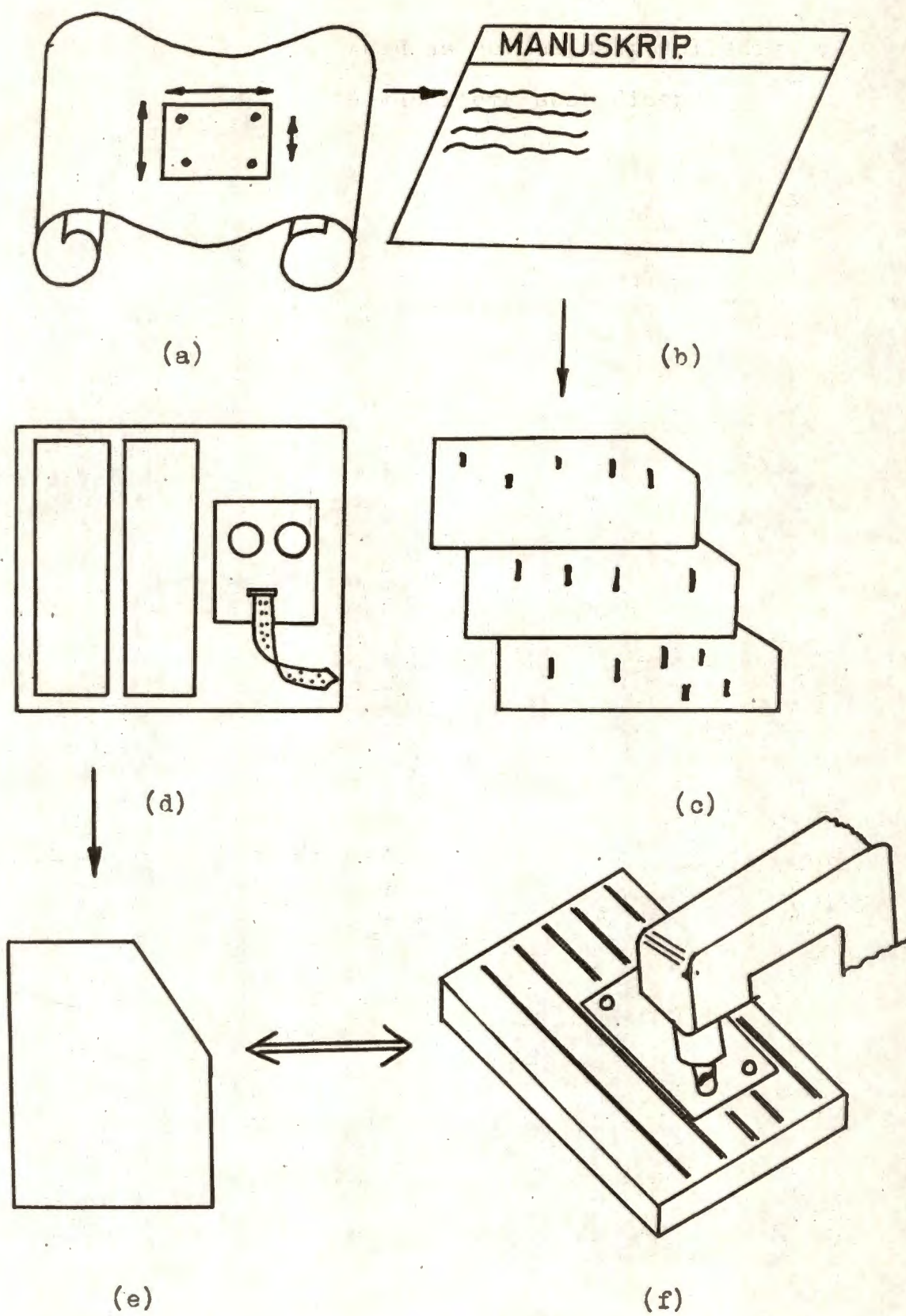
'n Numeriese beheersisteen is 'n sisteem waarvolgens die aksie van een of meer masjiene afsonderlik of gelyktydig beheer word deur instruksies wat uitgedruk word as numeriese karakters.¹

'n Tipiese numeriese beheerde masjien ontvang inligting in digitale vorm. Karakters wat in kodevorm instruksies aan die masjien voorsien deur middel van die beheersisteen, word gepons op kaarte, papierband of magnetiese band. Hierdie instruksies beheer dan die verskillende masjienaksies om die verlangde produk te lewer.²

1.1.1 'n Vereenvoudigde sisteem.

Figuur 1.1³ toon die verskillende stadia van produksie soos aangetref by numeriese beheerde toerusting.

-
1. Wilson. Numerical Control in Manufacturing, p.1.
 2. Ibid.
 3. Olesten. Numerical Control, p.3.



FIGUUR 1.1 VLOEIDIAGRAM

Die verlangde produk word as eerste stap volledig gedefinieer ten opsigte van items soos dimensies, materialtipes, graad van afwerking en toleransies. Hierdie stap word in figuur 1.1(a) getoon.

Figuur 1.1(b) toon die verskillende stappe wat die beplanner volg om die onderdeel te vervaardig. Onder andere word besluit op die operasievolgorde, tipe gereedskap, masjienspoede en tipe van klemstukke wat gebruik moet word.

Die volgende stap is nou om die bevindings van die beplanner op te stel in kode vorm. Die beplanner kan self optree as programmeerder of 'n spesiale persoon kan vir die doel gebruik word.

Figuur 1.1(d) toon die finale beheermedium voorbereiding. Rekenaars word gewoonlik gebruik omdat berekenings veel vinniger uitgevoer kan word.

Die volgende taak word verrig deur die masjienoperateur wat die beheermedium, gereedskap en rowwe onderdeel opstel volgens die voorskrifte aan hom voorsien deur die beplanner.

Die finale stap is interaksie tussen die masjien en die beheersisteen om die onderdeel te vervaardig volgens spesifikasies van die beheermedium.

1.2

GESKIEDENIS VAN NUMERIESE BEHEER

Sowel voor as gedurende die nywerheidsrevolusie het ontwikkeling plaasgevind wat as voorloper van die huidige numeriese beheersisteme beskou kan word.

1.2.1 Die beheer van geluid.

Een van die eerste outomatiese beheersisteme het in 1650 in Nederland die lig gesien toe roterende dromme met penne op strategiese posisies geplaas, gebruik is om 'n klokkespel te lewer.⁴

1.2.2 Vroeë numeriese beheerde toerusting.

Die eerste numeriese beheerde toerusting het tydens die agtiende eeu hul verskyning gemaak in die tekstielbedryf. In 1728 het Falcon 'n weefgetou vervaardig, waarvan die aksies beheer is deur geperforeerde kaarte.⁵ 'n Verbeterde model van die weefgetou is in 1807 deur Jaquard vervaardig.⁶

Op die gebied van musiekinstrumente het vinnige ontwikkeling ook plaasgevind. Reeds in 1863 is 'n outomatiese klavier gepatenteer deur Fourneaux.⁷ Hierdie apparaat het gebruik gemaak van 'n 12" wye strook papier as beheermedium. Hierdie strook papier was geperforeer sodat lug deur die gate kon beweeg om die klawers te aktiveer.

1.2.3 Rekenaars.

Hierdie tipe apparaat wat as integrale deel van numeriese beheerde toerusting beskou kan word, se ontwikke-

4. Wilson. Numerical Control in Manufacturing, p.1

5. Bezier. Numerical Control, p.3

6. Wilson. Numerical Control in Manufacturing, p.4

7. Ibid.

ling kan teruggevoer word tot so vroeg as 1900. Verskeie vroeë ontwikkelings soos die van Hollerith en Scheyer⁸ is bekend, maar dit was eers na die tweede wêreldoorlog dat ontwikkeling met rasse skrede gevorder het.

1.2.4 Latere ontwikkeling.

Gedurende 1942 moes die Bendix organisasie in Amerika 'n driedimensionele reguleernok van 'n inspuitingspomp vervaardig.⁹ Omdat dit buite die vermoë was van alle vervaardigingstoerusting wat op daardie tydstip beskikbaar was, is besluit om 'n spesiale masjien vir hierdie doel te ontwikkel.

Terselfdertyd is daar ook ontwikkelings werk gedoen deur die „Massachusetts's Institution of Technology" en die Cincinatti Frees maatskappy. 'n Prototipe masjien is in 1953 ten toongestel wat belangstelling dwarsdeur die vervaardigingsveld geprikkel het.¹⁰ Die eerste prototipe toerusting was baie lomp as gevolg van die gebruik van die destyds konvensionele buise. Benutting van halfgeleiermateriale soos Germanium en Silikon het gesorg vir groter kompaktheid van onderdele en dus ook van die beheersisteen in geheel.

8. Ibid.

9. Bezier. Numerical Control, p.3.

10. Wilson. Numerical Control in Manufacturing, p.3.

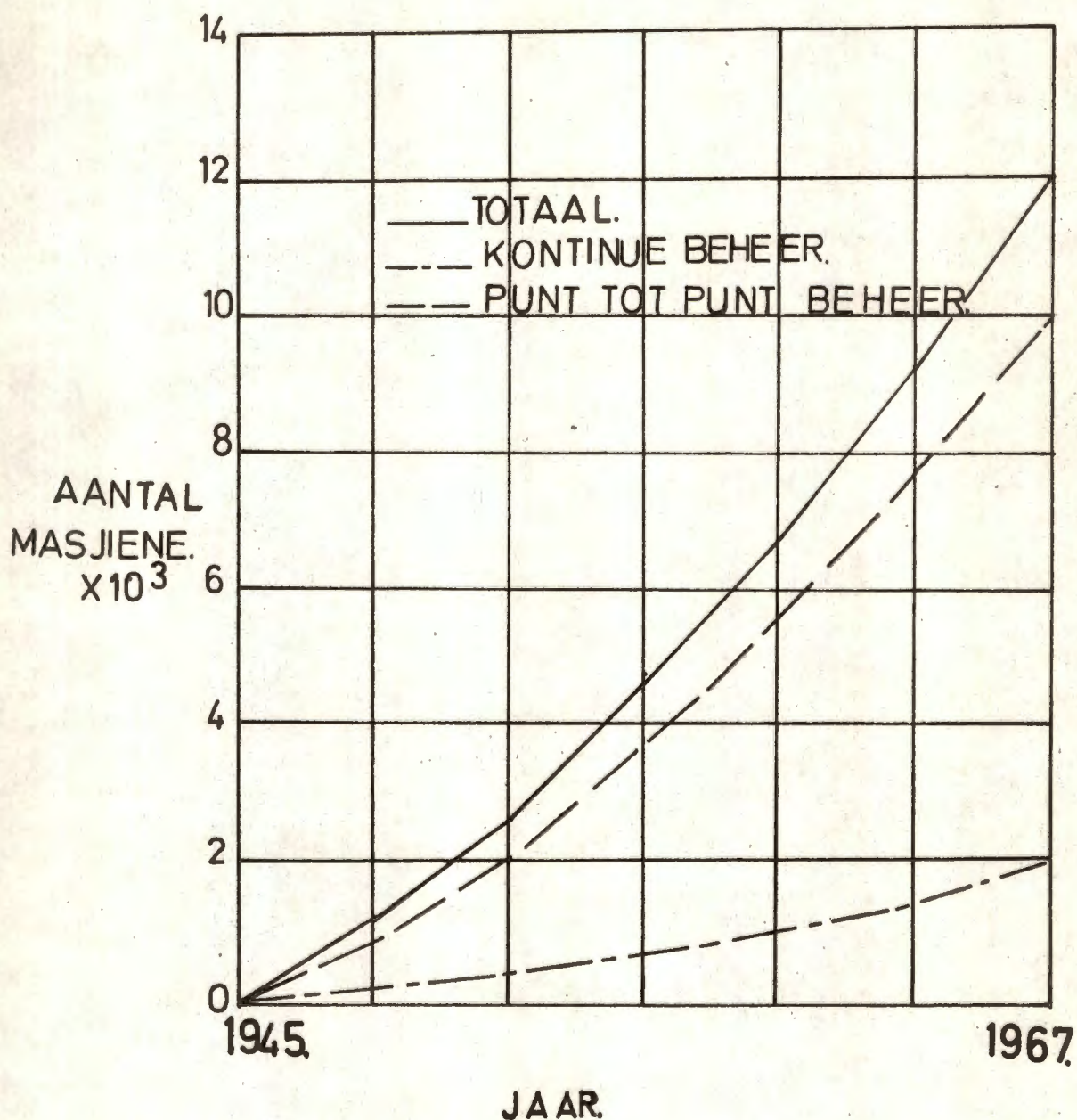
1.3 DIE TOEKOMS VAN NUMERIESE BEHEER

Voordat toekomstige ontwikkeling ondersoek word, is dit van belang dat na die rekord van ontwikkeling tot op datum gekyk word. Volgens die „American Machinist/Metalworking Manufacturing," van Mei 1960 is die onderstaande 'n opsomming van ontwikkeling wat plaasgevind het vanaf omstreeks 1930 :

1. 1930 - 1940 Ontwikkeling van elektromeganiese toerusting.
2. 1940 - 1950 Ontwikkeling van roterende en elektriese reguleerders.
3. 1950 - 1955 Ontwikkeling van statiese toerusting.
4. 1955 - 1957 Ontwikkeling van half geleier onderdele.
5. 1957 - 1959 Ontwikkeling van rekenaar beheerde stelsels.

Uit bostaande inligting is dit duidelik dat ontwikkeling al hoe sneller geskied en dat dit verwag kan word dat dit in die toekoms hierdie tendens sal voortsit.

Figuur 1.2 gee 'n goeie grafiese aanduiding van die toename in gebruik van numeriese beheerde toerusting in Amerika.



FIGUUR 1.2 GEBRUIKSTOENAME VAN TOERUSTING

Danksy die vinnige ontwikkeling van die tegnologie, is numeriese beheer uitgebrei om vervaardigings areas soos ponsdruk, klinknaelbevestiging, punt-sweising, inspektering en teken- en kopieerapparaat,

bo en behalwe die gewone, van diens te wees.

As gevolg van die huidige en toekomstige eise wat gestel word deur die lugvaart-bedryf en die ruimte-programme behoort verdere ontwikkeling van numeriese beheerde toerusting wel deeglik gestimuleer te word.

HOOFSTUK II

TEGNIFSE ASPEKTE VAN NUMERIESE BEHEER

2.1 INLEIDING

Dit is van die uiterste belang dat die vervaardigingsingenieur 'n grondige kennis behoort te hê van die verskillende tipes van numeriese beheerde toerusting wat beskikbaar is. Die tipe van werk wat verrig moet word, is die deurslaggewende faktor by die keuse van toerusting.

Gewoonlik word by hierdie tipe van toerusting gedifferensieer met betrekking tot die volgende aspekte:¹

2.1.1 Tipes van beheersisteme.

2.1.2 Die tipe van toerusting waarby die verskillende beheersisteme aangepas kan word.

2.2 BEHEERSISTEME

2.2.1 Punt tot punt beheer.

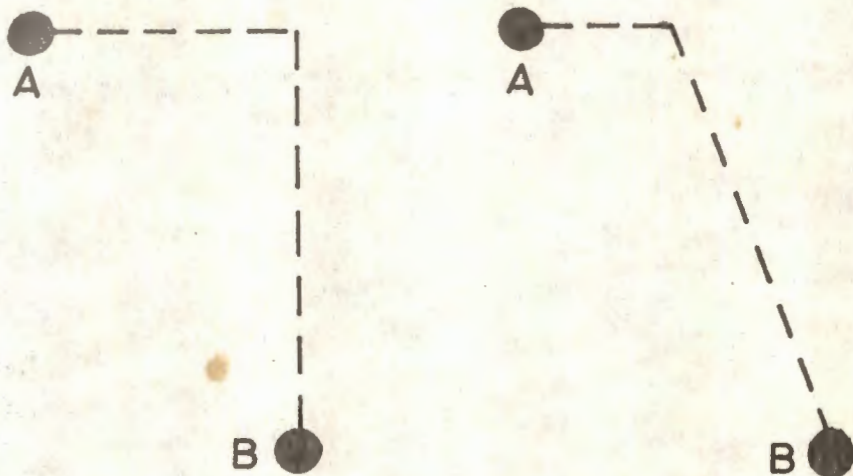
Hierdie tipe van beheersisteme maak gebruik van 'n ooplus beheersisteme soos in figuur 2.2 getoon ² en

1. Crookall. Technical and economical aspects of Numerical Control, p.3.

2. Olesten. Numerical Control, p.238.

behels die posisionering van die masjienkop van een punt tot die volgende.

In figuur 2.1 word die bewegings getoon wat 'n numeriese beheerde masjien mag volg:³



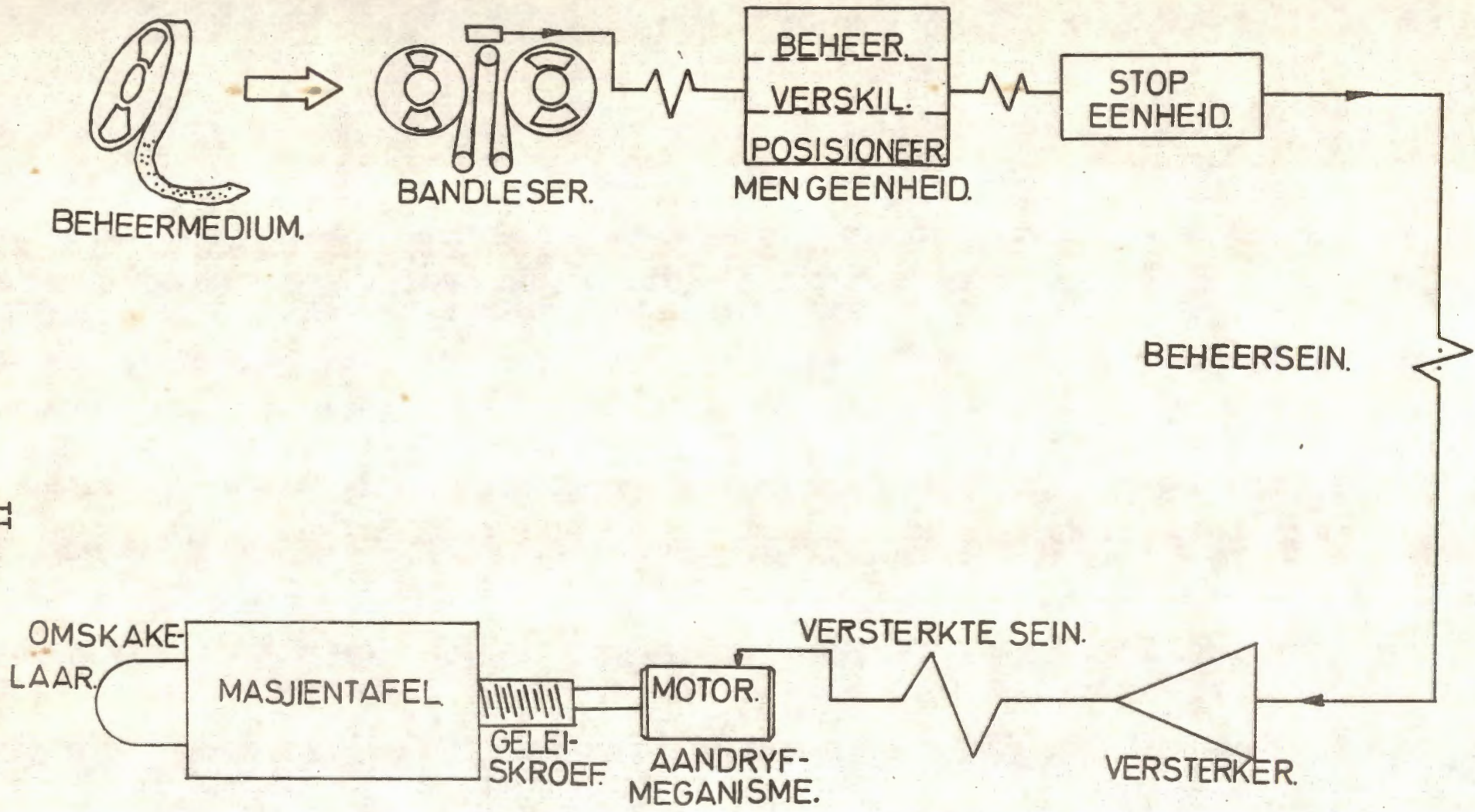
FIGUUR 2.1 BEWEGINGS VAN 'N PUNT TOT PUNT
BEHEERSISTEEM

Na voltooiing van 'n operasie by punt A, kan die masjien op enige wyse na punt B beweeg om 'n volgende operasie te voltooi. Daar word gewoonlik gepoog om die bewegingsvolgorde op so 'n wyse te reël dat die effek van masjienspel en slytasie tot 'n minimum beperk word.⁴

'n Oopplus beheersisteen impliseer dat u bewegende meganisme, soos byvoorbeeld 'n freesmasjientafel, beheer

3. C.S.I.R. Course in Numerical Control for manufacturing industries, p.1.

4. Ibid.



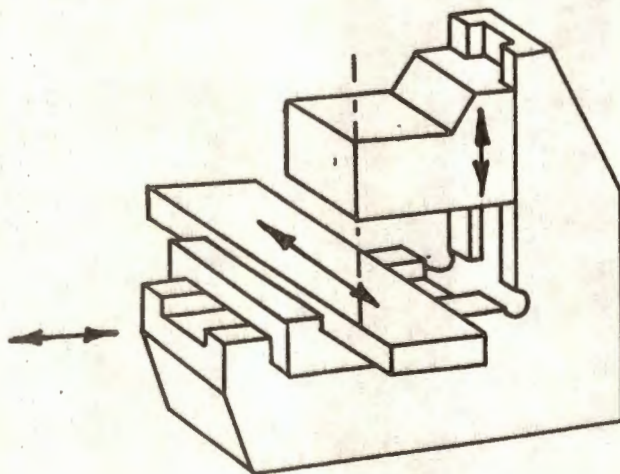
FIGUUR 2.2 'N OOPPLUS BEHEERSISTEEM

word om van een punt na 'n ander te beweeg. Daar word egter nie voorsiening gemaak vir 'n terugvoerlus om te bepaal of die verlangde posisie werklik bereik word nie. 'n Diagrammatiese voorstelling word in figuur 2,2 getoon. Belangrike toepassing van hierdie tipe van beheer is onder andere by bankboormasjiene, puntsweismasjiene en ponsmasjiene.

2.2.2 Reguitlynbeheer .

Hierdie tipe van beheer word gebruik om vlakke te masjieneer wat loodreg op een van die drie ortogonale asse van 'n masjien staan. Hierdie tipe sisteem het die volgende belangrike eienskappe:⁵

1. Verplasing loodreg tot die as van die masjienkop soos in onderstaande figuur 2.3 getoon vind nie gelyktydig plaas tydens die bewerkingsaksie nie.



FIGUUR 2.3 ORTOGONALE MASJIENASSE

2. Hierdie verplasing vind plaas teen 'n spoed wat gelyk is aan die voedingspoed en nie gelyk is aan die terugkeerspoed nie.
3. Die amplitudes van die bewegings, neem die afmetings van sowel die werkstuk as die gereedskapstuk in ag.
4. Geen beweging mag die toegewese eindpunt oorskry nie.

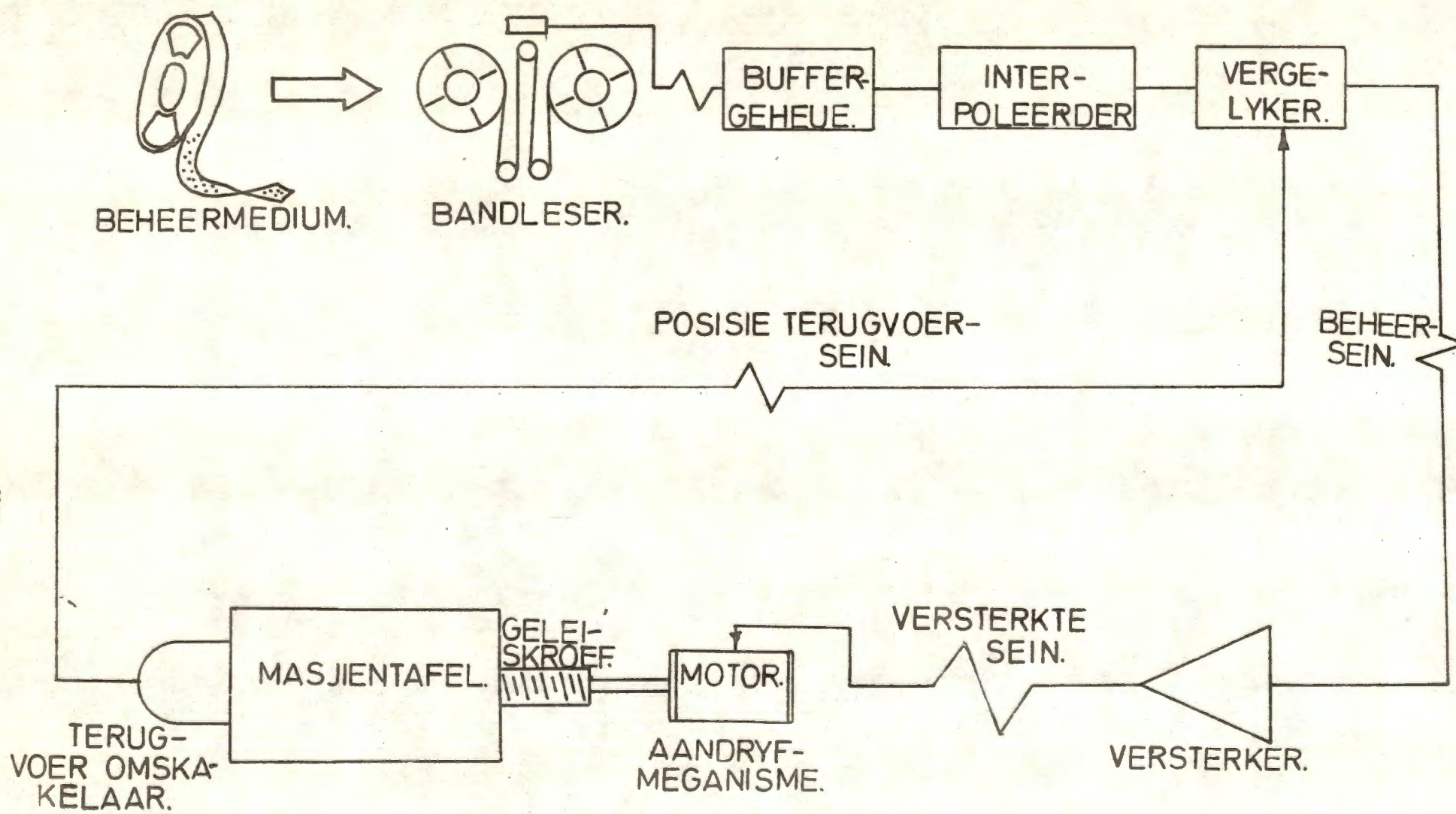
Reguitlyn beheerde toerusting maak van 'n ooplus beheersisteen of 'n geslote lus beheersisteen gebruik. Laasgenoemde word diagrammaties in figuur 2.4 getoon.⁶ Belangrike toepassingsvelde is onder andere draaibanke, freesmasjiene en boorbanke.

2.2.3 Kontinue beheer.

Deur die toepassing van kontinue beheer is dit moontlik om toerusting in meer as een rigting gelyktydig te beheer. By eenvoudige toerusting kan slegs twee bewegings gelyktydig beheer word, maar meer ingewikkelde sisteme kan selfs tot ses bewegings uitvoer waarvan sommige rotasies en andere verplasinge kan wees.

Hierdie tipe beheer maak uitsluitlik gebruik van 'n geslote lus sisteem en die produkte wat op hierdie wyse vervaardig is, word veral in die vliegtuignywerheid, motornywerheid en in ruimteprogramme gebruik.

6. Olesten. Numerical Control, p.239



FIGUUR 2.4 'N GESLOTE LUS BEHEERSISTEEM.

2.3 ANALISE VAN BEHEERLUSKOMPONENTE

Die geslote beheer lus soos in figuur 2.4 bevat die volgende onderdele en wel om die volgende redes:⁷

2.3.1 Bandler en Buffergeheue.

Dit is belangrik by kontinue beheer om steurings in die snykopbeweging te voorkom aangesien dit onder andere growwe afwerking, asook 'n afname in die effektiewe voedingspoed tot gevolg kan hê. Om hierdie rede is dit wenslik om beweging teen 'n hoër spoed te laat geskied. Vir hierdie doel word 'n bandler en buffergeheue gebruik. Data wat deur die bandler vooruit gelees word, word in 'n buffergeheue gestoor.

2.3.2 Interpoleerder.

Hierdie onderdeel gebruik die invoer voedingspoed om snelheidsseine vir elke as afsonderlik te genereer. Daar bestaan verskeie tipes van interpoleerders byvoorbeeld reguitlyn interpoleerders, sirkel interpoleerders asook paraboliese interpoleerders. Die beheersisteen beheer dan elke as afsonderlik maar wel in sinchronisme met mekaar.

2.3.3 Terugvoer omskakelaar.

Die onderdeel word aan 'n sekere as gekoppel en ontwikkel 'n pulsvorm waarvan die frekwensie eweredig is

7. C.S.I.R. Course in Numerical Control for manufacturing industries, p.2 - 3.

aan die assnelheid.

2.3.4 Vergelyker .

Met hierdie apparaat word die terugvoer-frekwensie vergelyk met die werklike invoer-frekwensie. 'n Fase-verskuiwing tussen hierdie twee frekwensies verskaf 'n foutsein, wat nadat dit versterk is, deur 'n versterker baan gebruik kan word as aandrywings impuls.

2.3.5 Aandryfmeganisme .

Dit bestaan gewoonlik uit 'n stopmotor wat deur 'n sekere hoek roteer vir elke puls wat ontvang word. Die sleegedeelte van die masjien kan aangedryf word d.m.v. 'n leiskroef, rat en stang of selfs deur 'n hidroliese silinder.

2.4 Tipes Toerusting

Tot op die huidige stadium was die belangrikste toepassing van numeriese beheer in die masjienvervaardigings veld. Die mees populêre beheersisteme is die punt tot punt en reguitlyn beheer, of 'n kombinasie van hierdie twee sisteme.

Onderstaande lys gee in volgorde van stygende pryse en kompleksiteit, die toerusting wat huidig in gebruik is en wat gebruik maak van hogenoemde beheersisteme.⁸

8. Crookall. Technical and economical aspects of Numerical Control, p. 4 - 5.

2.4.1 Konvensionele omgeskakelde masjiene.

Hierdie tipe toerusting is gewoonlik toegerus met 'n twee-as posisionerings werkstafel. Slegs posisionering word dus in hierdie geval beheer, terwyl ander masjienaksies soos spoed en voedingsverandering nog steeds die funksie van die operateur bly. Dit beteken dat dit onmoontlik vir die operateur is om sy aandag aan meer as een masjien te gee.

2.4.2 Enkelspil en twee-as posisionele beheer.

Gewoonlik word die basiese masjienfunksies soos spilspoed en voeding sowel as posisionering in hierdie kategorie beheer. Verandering van gereedskapstukke sal steeds die taak van die operateur bly. Die beweging van die derde-as (byvoorbeeld diepte by 'n freesmasjien) word ook in sekere gevalle beheer, maar slegs in uitsonderlike gevalle.

2.4.3 Multispilbore met twee-as posisionele beheer.

Toerusting wat voorsien is van hierdie tipe beheer, kan 'n volle outomatiese bewerkings lus lewer. Diversiteit van masjienpotensiaal hang af van die aantal spilposisies van die gereedskapkop. Die operateur se belangrikste taak is nou om die masjien te voorsien van ruwe werkstukke en daarom kan hy sy aandag aan meer as een masjien gelyktydig gee.

2.4.4 Boorbanke en freesmasjiene.

In hierdie geval is die belangrikste oorwegings

akkuraatheid en bestendigheid van werk. Verskeie tipes van beheer is in hierdie geval moontlik. Die meeste masjiene het reglynige sowel as posisionele beheerfasiliteite.

Toerusting in hierdie katogorie word ook toegerus met kontinue beheer. Die vorm van die gereedskapstuk, alhoewel toepaslik gekies vir die bewerkingsmetode, is nie van primêre belang nie. Hierdie toerusting kan ook gebruik word om werk te verrig wat deur gewone punt tot punt beheer en posisionele beheer gedoen kan word, alhoewel dit nie ekonomies regverdigbaar sal wees nie. Die wye potensiaal van hierdie toerusting, spreek duidelik uit die bostaande.

2.4.5 Masjieneersentrums.

Hierdie toerusting toon 'n goeie ooreenkoms met bo genoemde boorbanke en freesmasjiene, terwyl addisionele funksies ook bygevoeg is. Basies kan gesê word dat een enkele masjien by magte is om 'n hele aantal operasies te verrig wat andersins 'n hele aantal konvensionele masjiene sou vereis. Hierdie kategorie strek van enkelspil freesmasjien en boorbank tipes tot komplekse masjiene waar gereedskapstukke outomaties verander word vanaf 'n magasyn.

Hierdie tipes masjiene kan tot soveel as vyf beheerde asse besit, met ander woorde, drie liniêre asse en twee rotasie asse. Volgens hierdie genoemde eienskappe kan 'n onderdeel deur 180° (of enige hoek) geroteer word, terwyl alle ander operasies daarop

uitgevoer kan word in 'n enkele opstelling. Hiervolgens is dit duidelik dat hierdie tipe van masjien 'n hele aantal konvensionele masjiene kan vervang.

Die meer gesofistikeerde tipes van masjiene besit meer as een bewerkingskop en kan gelyktydig hiermee aan 'n werkstuk werk. Tussenmasjieneertyd word dus hierdeur grootliks verminder. Die voordele kan as volg opgesom word.

1. Buigbaarheid, gekoppel aan 'n baie vinnige herinstelling vir veranderde komponente.
2. Vermoë om komplekse operasies met 'n enkelopstelling te lewer.

2.4.6 Multispil-draaibanke .

Die aantal posisies van die bewerkingskop kan so hoog wees as tien, terwyl addisionele gereedskapstukke in 'n magasyn geberg kan word. By eenvoudige toerusting word slegs operasie volgorde sowel as spoede en voedings beheer. Enige addisionele beweging, soos byvoorbeeld 'n dwarsbeweging, kan slegs deur stapfunksies beheer word. Meer gesofistikeerde beheersisteme maak voorsiening vir algehele outomatisering.

Kontinue beheer word ook by hierdie toerusting aangetref. In die meeste gevalle word een of twee asse op hierdie wyse beheer terwyl die derde as, onder reguit-lynbeheer bewegings uitvoer.

HOOFSTUK III

IMPLEMENTERING : REDES EN VOORAFGAANDE KENMERKE

3.1 REDES

Daar bestaan verskeie grondige redes wat die gebruik van numeriese beheerde toerusting kan motiveer. Hierdie redes kan egter opgesom word onder die volgende hoofde:

1. Vervaardigings potensiaal van toerusting
2. Akkuraatheid van toerusting
3. Produksietyd
4. Ekonomiese oorwegings

Die kompleksiteit van sekere onderdele vereis dat vervaardigingstoerusting sodanig ontwerp moet wees om in staat te wees om onderdele op die optimum wyse te vervaardig.

Die moderne tegnologie vereis somtyds hoë akkuraatheid vir onderdele, terwyl onderdele ook matematies gedefinieer kan word. In beide gevalle bied numeriese beheer moontlikhede wat nie met konvensionele toerusting bereik kan word nie.

In die vervaardigingsbedryf speel prototipe produksietyd 'n belangrike rol. Deur prototipe onderdele, deur middel van numeriese beheerde toerusting, te vervaardig, word bogenoemde tyd tot 'n minimum beperk.

Alhoewel eersgenoemde drie redes se uiteindelijke doel ook is om, op die mees ekonomiese wyse te produseer, besit laasgenoemde rede ook meriete. Numeriese beheer besit heelparty ekonomiese voordele bo konvensionele beheer, mits die onderdeel konfigurasie en hoeveelheid binne sekere perke val. Dit mag moeilik wees om numeriese beheer te regverdig vir eenvoudige onderdele, wat 'n baie kort of baie lang, vervaardigings siklus vereis. Die teendeel is egter ook waar naamlik dat numeriese beheer definitiewe oorweging behoort te geniet wanneer kompleksiteit toeneem.

Alhoewel toenemende lotgrootte die moontlikheid van massa produksie-metodes laat toeneem, sal toenemende kompleksiteit numeriese beheer positief motiveer.

Onderdele wat op konvensionele wyse in 'n hele aantal dele vervaardig moet word, met die bykomende pasmate en klemstukke, kan met behulp van numeriese beheer as 'n eenheid voltooi word.

3.2 VOORAFGAANDE KENMERKE

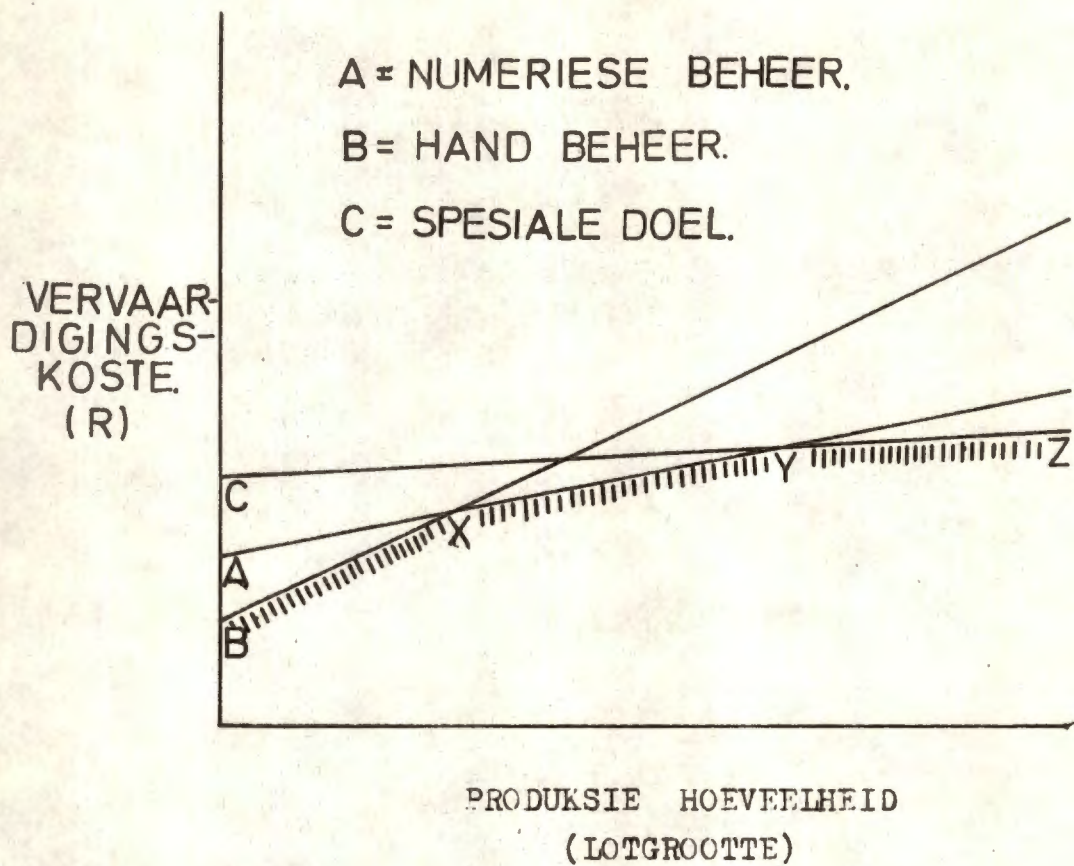
Vir die vervaardigingsingenieur wat die implementering van numeriese beheer oorweeg, is dit van die grootste belang om in staat te wees om 'n aanvanklike oordeel te vel of numeriese beheer wel ooreweging moet geniet. Ondervinding op hierdie gebied het geleer dat numeriese beheer onder die volgende toestande wel regverdig kan word.²

3.2.1 'n Relatief klein aantal onderdele per opstelling.

In figuur 3.1 word die vervaardigingsmetodes ondersoek vir wisselende onderdeel hoeveelheid. Lyn A toon die geval vir numeriese beheerde toerusting, lyn B die vir konvensionele hand beheerde toerusting en C die vir spesiale doel (massaproduksie) toerusting.

Dit is verder duidelik dat vir baie lae produksie metode B die mees ekonomiese resultate sal lewer. (Onderdeel kompleksiteit is nie in aanmerking geneem nie.) Met toenemende produksie word 'n gelykbreekpunt, X bereik waar totale koste vir metode A, gelyk is aan die totale koste vir metode B. Enige verdere styging in produksie, sal veroorsaak dat metode A voordeliger aangewend sal kan word.

2. Childs. Principles of Numerical Control,
p.119 - 121.



FIGUUR 3.1 PRODUKSIEMETODES

Met verdere toenemende produksie word 'n tweede gelykbreekpunt, Y bereik waar die totale koste vir metode A gelyk is aan die totale koste vir metode C. Enige verdere toename in produksie sal veroorsaak dat metode C voordeliger as metode A benut kan word.

Opsommend kan hier dus gesê word dat om op die mees ekonomiese wyse te produseer, produksiemetodes so benut moet word sodat langs lyn BXYZ beweeg word.

In bostaande figuur 3.1 is die invloed van onderdeel kompleksiteit nie in ag geneem nie.* Toenemende onderdeel kompleksiteit sal veroorsaak dat punt X na links beweeg, terwyl punt Y na regs sal beweeg. Die gebied (Produksiehoeveelheid) waarbinne numeriese beheerde toerusting met wel-slae aangewend kan word, word dus verbreed.

3.2.2 Komplekse onderdele .

Handbeheerde, sowel as spesiale doel toerusting se vervaardigingsvermoë is beperk in soverre dit toenemende kompleksiteit van onderdele aangaan. Numeriese beheerde toerusting daarenteen, besit omtrent 'n onbegrensde vermoë om onderdeel kompleksiteit te hanteer.

3.2.3 Meervoudige ontwerpveranderinge.

Die gemaklikheid waarmee veranderinge op die beheerband van numeriese beheerde toerusting aangebring kan word, is indirekte teenstelling met die moeite nodig om 'n opstellingsverandering te weeg te bring by konvensionele toerusting.

3.2.4 Minimum voltooi tyd.

In die algemeen kan gesê word dat numeriese beheer produksietyd verkort hoofsaaklik deur tussenwerkingstye te minimeer. Die verhouding van be-

* Sien Hoofstuk 4.

werkingstyd tot totale vervaardigingstyd vir konvensionele metodes is 10% tot 20%. Dieselfde verhouding vir numeriese beheer, is ongeveer 70% tot 80%.³

3.2.5 Hoë bewerkingsgereedskap koste
(beitels, freesmesse ens.)

Deur bewerkingsparameters soos snyspoed en druk kontinue te beheer, word verseker dat maksimum bewerking verkry word, met minimum slytasie van bewerkingsgereedskap. Hierdie korrekte beheer kan slegs verkry word deur gebruikmaking van numeriese beheer.

3.2.6 Hoë inspeksiekoste.

As gevolg van die buitengewone akkuraatheid van numeriese beheer, word gewoonlik slegs die eerste onderdeel van 'n reeks konvensioneel ge-inspekteer. Aangesien alle operasies onveranderd bly, behoort alle daaropvolgende bewerkings dieselfde resultaat te lewer. Inspeksiekoste word daarom drasties verminder.

Numeriese beheer kan ook aangepas word om inspeksie van onderdele te behartig. In hierdie

3. Bezier. Numerical Control, p.44.

geval is dieselfde voordele soos reeds vir ander velde (vervaardiging byvoorbeeld) genoem, ook van krag.

3.2.7 Gedesentraliseerde aanleg.

Aangesien beheerband tans opgestel word volgens eenvormige internasionale standaard, kan werk tussen verskillende aanlegte gladder verloop, aangesien dit net die oorplasing van data behels wat op band vasgelê is.

3.2.8 Hoë skrotwaarde van halfvoltooide produkte.

Met konvensionele toerusting bestaan die moontlikheid dat onderdele naby die einde van die vervaardigingssiklus foutief bewerk mag word en om hierdie rede geskrot moet word. Die maatskappy lei hierdeur groot skade, veral in die vliegtuigbedryf byvoorbeeld, waar 'n enkele onderdeel in die voorlaaste vervaardigingsstap 'n waarde, tot so hoog as R30000, kan besit. Aangesien numeriese beheer nie van menslike handelinge afhanklik is nie, word hierdie moontlike verlies uitgeskakel.

3.2.9 Beperkte vloerarea.

Groter produktiwiteit van numeriese beheerde toerusting beteken dat minder masjiene gebruik kan word, met die gevolglike besparing van vloerarea.

Kontrolekabinette en hidrouliese reservoors, wat essensieël is vir die gebruik van numeriese toerusting, beslaan 'n groot persentasie vloerarea. Algemeen is dit egter geregverdig om te sê dat die gebruik van numeriese beheerde toerusting 'n besparing in vloerarea van 30% tot 60% ⁴ te weeg kan bring.

4. Childs. Principles of Numerical Control, p.121.

HOOFSTUK IV

ANALISE VAN DIREKTE EN INDIREKTE BESPARINGS

4.1 INLEIDING

Ekonomiese regverdiging van numeriese beheer is 'n tweeledige probleem.¹ Eerstens behels dit die bepaling van toekomstige besparings en verdienstes. Tweedens, met in agneming van die koste beteken dit om vas te stel of hierdie verdienstes wel hoog genoeg is om numeriese beheerde toerusting te regverdig.

Besparings kan in twee kategorieë verdeel word ² naamlik:

4.1.1 Direkte besparings .

4.1.2 Indirekte besparings .

4.2 DIREKTE BESPARINGS

Direkte besparing by numeriese beheerde toerusting hou verband met die ooreenstemmende besparings by konvensionele toerusting. Die aard en metingsmetodes van koste by numeriese beheerde toerusting

1. Wilson. Numerical Control in Manufacturing, p.412 .

2. Crookall. Technical and economical aspects of Numerical Control, p.2 .

stem ooreen met die aard en metingsmetodes van koste by konvensionele toerusting.

4.2.1 Differensiële koste.

Die differensiële koste per onderdeel vir konvensionele en numeriese beheerde toerusting kan voorgestel word deur onderstaande³:

$$\Delta C = \frac{C_s - C_s^1}{n} + \frac{C_t - C_t^1}{mn} + (C_m - C_m^1) + \frac{C_a - C_p}{mn} \text{ ----- 4.1}$$

waar:

ΔC = differensiële koste per onderdeel

C_s = opstelkoste per lot

C_t = totale gereedskapkoste

C_m = masjieneringskoste per onderdeel

C_a = totale afmerkkoste

C_p = totale programmeringskoste

m = aantal lotte

n = lotgrootte

"1" = numeriese beheerde toerustingskoste

Volgens bostaande vergelyking sal numeriese beheerde toerusting ekonomies meer voordelig wees wanneer ΔC positief is. Verskeie aanpassings kan gemaak word aan vergelyking 4.1 om die effek van parameters soos

kompleksiteit en lotgrootte te ondersoek.

4.2.2 Lotgrootte en kompleksiteit.

Normale produksieskedules sal vervaardiging vereis van onderdele vir wisselende lotgroottes en kompleksiteit. Hoe meer kompleks onderdele is hoe makliker sal numeriese beheer regverdig kan word oor 'n wye lotgrootte gebied.

Aangesien lotgrootte tot 'n groot mate 'n invloed het by die keuse van vervaardigingstoerusting, is dit van die allergrootste belang dat hierdie parameter ondersoek word.

Die totale vervaardigingskoste per onderdeel word gegee deur :

$$C = C_1 + \frac{C_2}{n} + \frac{C_3}{mn} \text{ ----- 4.2}$$

Waar:

C = totale vervaardigingskoste

C_1 = konstante koste per onderdeel

C_2 = addisionele koste per lot

C_3 = eenmalige produksiekoste per onderdeel.

Indien die totale aantal onderdele wat vervaardig moet word konstant is, kan terms een en drie in vergelyking 4.2 saamgegroepeer word.

Die resultaat is dan soos volg :

$$C = C_p + \frac{C_s}{n} \text{ ----- 4.3}$$

waar :

C_p = vervaardigingskoste per onderdeel

C_s = opstelkoste per onderdeel

Deur nou vervaardigingskoste vir konvensionele metodes en numeriese beheerde metodes te vergelyk word die lotgrootte gelykbreekpunt as volg bereik :

$$n = \frac{C_s^1 - C_s}{C_p - C_p^1} \text{ ----- } 4.4$$

Kompleksiteit van onderdele speel net so 'n belangrike rol. Verskeie metodes bestaan om kompleksiteit van onderdele in aanmerking te neem. Die eenvoudigste is egter om kompleksiteit te beskou as eweredig aan die aantal vervaardigings operasies.

Deur gebruik te maak van 'n lineêre funksie kan die volgende voorstelling vir die verskillende differensiële koste gemaak word:

$$C_s - C_s^1 = k_s + a_p$$

$$C_t - C_t^1 = k_t + b_p \text{ ----- } 4.4$$

$$C_m - C_m^1 = p_{km}$$

$$C_p = p_{kp}$$

waar:

p = kompleksiteit (aantal operasies.)

a = konstante

b = konstante

k_s = konstante

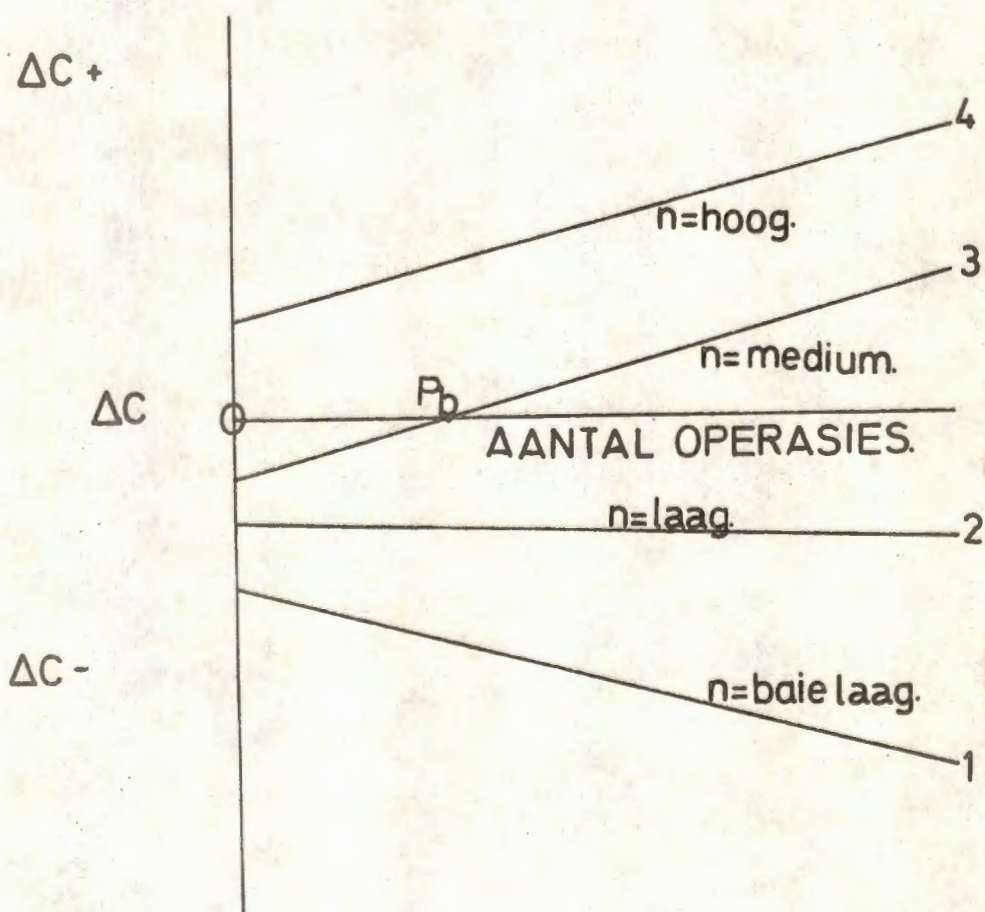
k_t = konstante

Indien vergelyking 4.4 nou gekombineer word met vergelyking 4.1 terwyl afmerkkoste geignoreer word, word die volgende verband tussen differensiële koste, kompleksiteit en lotgrootte bereik nl.

$$\Delta C = \frac{k_s + a p}{n} + \frac{k_t + b p}{m n} + p \left(k_m - \frac{k_p}{m n} \right)$$

----- 4.5

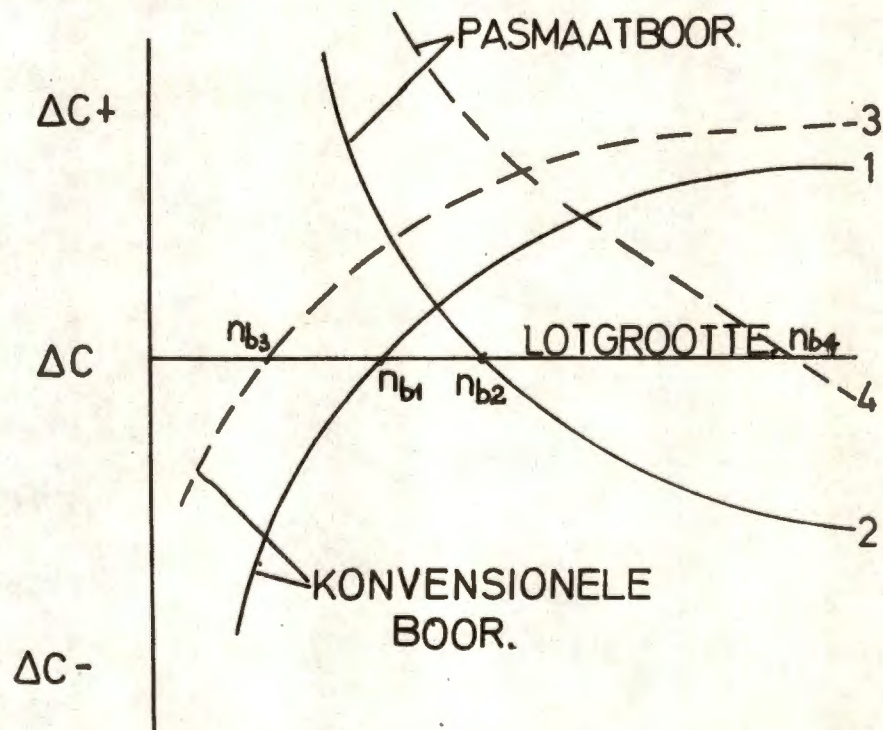
Indien vergelyking 4.5 grafies voorgestel word vir 'n aantal konstante lotgroottes, lewer dit resultate soos in figuur 4.1 getoon.



FIGUUR 4.1 VERANDERENDE KOMPLEKSITEIT

Uit bostaande figuur blyk dit dat die afsnit op die ΔC -as positief of negatief kan wees. Indien die afsnit negatief is (soos vir $n = \text{medium}$ byvoorbeeld), sal dit beteken dat eenvoudige komponente goedkoper vervaardig kan word deur konvensionele toerusting. Met 'n toename in die aantal operasies word 'n gelykbreekpunt P_b bereik. Eenvoudige komponente (links van P_b) sal goedkoper vervaardig kan word deur konvensionele toerusting. Meer komplekse komponente (regs van P_b) sal meer ekonomies vervaardig kan word, met behulp van numeries beheerde toerusting. Solank die helling van die lyne, wat konstant is vir 'n sekere lotgrootte negatief of nul is, sal konvensionele toerusting altyd meer winsgewend aangewend kan word.

Indien vergelyking 4.5 grafies voorgestel word vir 'n aantal konstante kompleksiteite, word die volgende resultaat bereik:



FIGUUR 4.2 VERANDERENDE LOTGROOTTES

Twee tipes van vervaardiging word hier aangetoon naamlik konvensionele boring en pasmaat boring. Kurwe 1, wat onderdele van medium kompleksiteit verteenwoordig, toon dat konvensionele boring aanvanklik meer voordelig is. Nadat 'n gelykbreek lotgrootte nb_1 bereik is, is numeriese beheer goedkoper. Kurwe 2, wat ook onderdele van medium kompleksiteit verteenwoordig, toon dat die lae lotgroottes numeriese beheer, goedkoper is. Wanneer die gelykbreekpunt nb_2 bereik is, is pasmaat boring (outomatiese produksie) goedkoper. Die lotgroottegebied waarbinne numeriese beheer suksesvol aangewend kan word, is dus $nb_2 - nb_1$. Wanneer die kompleksiteit egter hoog is, word gelykbreekpunte nb_3 en nb_4 bereik. Stygende kompleksiteit het dus die neiging om die lotgroottegebied te vergroot tot $nb_4 - nb_3$.

4.2.3 DEPRESIASIE

Die kapitale uitgawe op 'n numeriese beheerde masjien is heelwat hoër as vir die konvensionele eweknie. Hierdie verskil in koste word nie net teweeggebring deur die beheersisteen self nie, maar ook deur ontwerpverskille in die masjien self.

Onderstaande tabel gee 'n opsomming van benaderde koste vir verskillende tipes van numeriese beheerde toerusting.⁴

4. Ibid. p.11.

TABEL 4.1 TOERUSTINGSKOSTE

TIPE	SISTEEM	KOSTE *
BOOR	LIGTE TIPE, 2P beheer	R 6000 - R 12000
	MEDIUM 2P beheer	R 10000 - R 36000
FREES- MASJIENE	MEDIUM 3P beheer	R 20000 - R 36000
MASJIENEER- SENTRUMS	LIGTE TIPE	R 40000 - R 80000
	SWAAR TIPE	R120000 - R100000
	MEERDOEL	R200000 - R500000

waar: P = "posisionele"

* Koste beskikbaar soos op 1 Februarie 1969.

In die lig van bogenoemde koste is dit belangrik dat die depresiasiekoers en die toedeling van algemene bokoste realisties moet wees, anders sal geskatte vervaardigingskoste nie 'n goeie weerspieëling van die werklikheid wees nie. Depresiasie kan gebaseer word op tegniese sowel as ekonomiese leeftydsduur.

Die tegniese leeftyd van toerusting kan beoordeel word op grond van slytasie en vermoë. Slytasie kan as eweredig beskou word aan die instandhoudingskoste gespandeer op 'n spesifieke masjien, terwyl vermoë weer beskou kan word as eweredig aan tyd. (Vergelyk vermoë van 'n bestaande masjien van 'n sekere ouderdom met die vermoë van nuwe toerusting.)

Die ekonomiese leeftyd van toerusting is ook afhanklik van werkstyd wat gewoonlik gebaseer word op 'n vasgestelde periode. Verder kan vir die algemene geval ook aangeneem word dat depresiasie slegs tydafhanklik is op 'n lineêre basis.

Met bostaande in gedagte kan die masjienbokostekoers (algemene bokostes, krag en arbeid uitgesluit) as volg bepaal word.⁵

$$R = \frac{C}{YSHU} \text{ ----- 4.6}$$

waar:

R = masjienbokostekoers

Y = depresiasieperiode

S = aantal skofte per dag gewerk

H = aantal ure gewerk per jaar

U = benuttingsfaktor: $\frac{\text{werkstyd}}{\text{beskikbare tyd}}$.

'n Grafiese voorstelling van vergelyking 4.6 word in figuur 4.2 getoon. 'n Depresiasieperiode van tien jaar word as basis gebruik.⁶

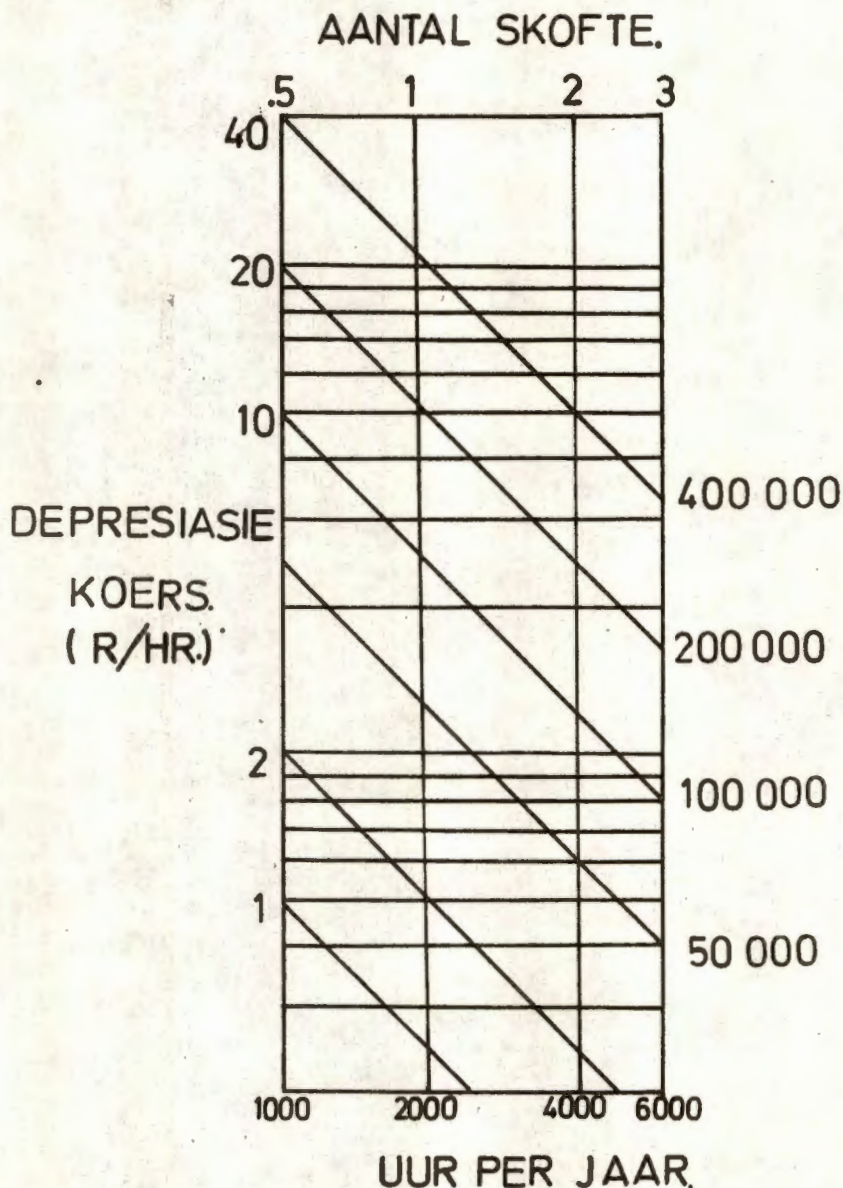
Die figuur toon dat vir enkelskof basis, wat naasteby gelyk is aan 2000 uur per jaar, die depresiasiekoers hoog kan wees vir toerusting wat meer as R100000 kos. In hierdie geval is 'n benuttingsfaktor van 100% veronderstel. Wanneer die benutting daal, beteken dit

5. Ibid. p.12.

6. Ibid. p.13.

dus dat die depresiasiekoers pro rata styg.

Vir dubbelskof operasie, wat die effek het om benutting te verdubbel, word die masjienbokostekoers gehalveer deur groter kapasiteitaanwending en uit-skakeling van verliese. Swaar toerusting soos meer-doel masjien-sentrums in die prysklas van R120000 tot R500000 se depresiasiekoers is nog oor die R40 per uur. Dit sal dus raadsaam wees om hier 'n drie skof operasie in te stel.



FIGUUR 4.2 MASJIENDEPRESIASIEKOERS

4.2.4 Masjienbenutting.

Die resultate van figuur 4.2 toon duidelik dat masjienbenutting 'n belangrike rol speel by die masjienbostekoers bepaling. Om maksimum benutting te versker behoort voorsorgmaatreëls alreeds getref te word gedurende die ontwerpstadium van komponente.

Numeriese beheerde toerusting besit die voordeel dat hoër benutting makliker bewerkstellig kan word as by konvensionele toerusting. Verskeie faktore soos beter beplanning, verkorte opstel- en -kontroleringstyd, verkorte masjienfunksies asook operateursuitputting bevoordeel benutting by numeriese beheerde toerusting.

4.3 INDIREKTE BESPARINGS

Indirekte besparings vind plaas in areas wat nie direk deel is van die bewerkingsproses opsigself nie. Met die ontwikkeling van numeriese beheer het die behoefte ontstaan om eksakte meetmetodes vir hierdie tipe besparing te vind. In sommige gevalle is daar al redelik in geslaag, maar die abstraktheid van hierdie tipe besparings bemoeilik die taak. Om 'n alomvattende eksakte meetmetode te ontwikkel bly steeds 'n behoefte.

4.3.1 Bewegingstyd.

Aangesien die beweging tussen opeenvolgende operasies by numeries beheerde toerusting vinniger geskied as by konvensionele toerusting word die totale vervaardigingstyd drasties verkort. Hierdie besparing in tyd beklemtoon dus ook dat die onderneming bestellings

vinniger kan uitvoer en 'n beter beeld aan voornemende en bestaande kliënte voorhou.

Behalwe dat die bewegingstyd verkort word, is daar twee faktore wat tydsbesparing in die hand werk by numeriese beheerde toerusting naamlik:

1. Opsteltyd word verkort aangesien pasmate en klemstukke wat benodig word vir konvensionele toerusting nie benodig word by numeriese beheerde toerusting nie. Die voorbereiding van beheerbande sowel as eenvoudige klemstukke wat benodig word vir numeriese beheer, neem baie minder tyd in beslag as die bogenoemde voorbereiding wat gepaard gaan met konvensionele beheer.
2. Werklike prosesseringstyd word verkort omdat wagtyd tussen verskillende tipes toerusting verkort word. By meerdoelige masjieneersentrums waar meer as een tipe masjien saamgegroepeer word, word wagtyd tot 'n minimum beperk.

4.3.2 Lotgrootte gebied.

Wanneer koste verdeel word in opstel- en prosesseringkoste, word die onderstaande beklemtoon:

Vir massaproduksiemetodes is die opstelkoste hoog, terwyl die proses-koste laag is. Vir gewone handbeheer is die omgekeerde egter waar. Numeriese beheerde toerusting is egter 'n kompromie tussen bogenoemde twee uiterstes. Opstelkoste is laag in

vergelyking met die outomatiese toerusting terwyl prosesseringskoste van numeriese beheerde toerusting laag is in vergelyking met handbeheerde toerusting. Bostaande eienskap regverdig numeriese beheerde toerusting oor 'n wye gebied, vanaf 'n baie klein hoeveelheid tot waar outomatiese (massaproduksie) toerusting meer voordelig word.

4.3.3 Voorraad, opberging en skedulering.

Aangesien die wagtyd tussen verskillende tipes toerusting verkort word by numeriese beheerde toerusting, bring dit mee dat die lopende voorraad verklein word. Terselfdertyd word minder opbergingsarea vir halfvoltooide komponente benodig.

Akkurate bepaling van proesestye by numeriese beheer het die verdere voordeel dat die beplaningsafdeling se las verlig word. Die koste afdeling kan ook meer eksakte berekenings doen wat beteken dat kwotasies vir take verrig, meer akkuraat bepaal kan word.

4.3.4 Akkuraatheid.

Wanneer operasies soos boor, tap en versinking uitgevoer moet word, moet een of ander posisioneringsmetode gebruik word. Daar bestaan drie algemene gebruikte metodes vir konvensionele toerusting, naamlik :

1. Afmerking, gevolg deur senterponsing en boor.
2. Pasmate, wat gebruik maak van geleibuste.
3. Boor- en freesmasjiene wat toegerus is met posisioneringstafels.

Tabel 4.2 gee 'n aanduiding van die akkuraatheid wat bereikbaar is met die verskillende bestaande, sowel as numeriese beheerde toerusting.

TABEL 4.2 POSISIONERINGSTOLERANSIES

POSISIONERINGSMETODE	TOLERANSIES (mm)
1. Numeriese beheer (normale akkuraatheid)	$\pm 0,0500$
2. Numeriese beheer (hoë akkuraatheid)	$\pm 0,0125$
3. Numeriese beheerde (freesmasjiene en boormasjiene)	$\pm 0,0050$
4. Handafmerking en senterpons	$\pm 0,1250$
5. Pasmate	$\pm 0,0250$
6. Toerusting met posisionerings- tafels	$\pm 0,0250$
7. Pasmaatbore	$\pm 0,0050$

Met konvensionele metodes kan akkuraatheid in die orde van $\pm 0,025$ mm. slegs bereik word deur hoë kwaliteit boormasjiene, of as lotgrootte dit regverdig, deur pasmate. Enige hoër akkuraatheid kan slegs bereik word met pasmaatbore.

Met numeriese beheerde toerusting is akkuraatheid gekoppel aan koste, maar toleransies tot so klein as $0,0125$ mm. kan ekonomies bereik word, vir klein tot medium lotgroottes.

4.3.5 Inspeksie.

Weens die hoër akkuraatheid van numeriese beheerde toerusting word inspeksietyd en dus ook inspeksiekoste tot 'n minimum beperk. Enige foute wat mag ontstaan, sal opgelos word tydens die beheerband voorbereidingsperiode.

Gewoonlik word slegs die eerste paar onderdele wat vervaardig is, met numeriese beheer geïnspekteer. Daar word dan, met grondige redes, aangeneem dat die daaropvolgende produksie korrek sal verloop.

4.3.6 Operateursuitputting.

Wanneer hoë akkuraatheid verlang word, of wanneer die aantal operasies toeneem met herposisionering van komponente tussen elke operasie, veroorsaak uitputting dat foute gemaak word. Om te verseker dat foute so min as moontlik gemaak word, vertraag

die operateur die prosespoed om te kontroleer namate die einde van die proses genader word. Met numeriese beheer word die spanning op die operateur verlig omdat alle masjienaksies outomaties beheer word.

4.3.7 Tipe personeel.

Numeriese beheerde toerusting vereis wel goed opgeleide personeel in die beplannings- en programmeringsafdeling, maar hoogs opgeleide personeel word nie benodig op die vloer self nie. In sommige gevalle kan selfs gebruikgemaak word van halfgeskoolde personeel.

4.3.8 Ander faktore.

Ander faktore wat moontlik indirekte kostebesparing kan meebring met implementering van numeriese beheer, kan saamgevat word deur die volgende:

1. Verkleining van gereedskapmagasyn, omdat die hoeveelheid pasmate en klemstukke verminder kan word.
2. Die gemak waarmee modifikasies aangebring kan word wanneer benodig.
3. Die afname in tussenprosesvoorrade, sowel as die afname van gepaardgaande hantering en opberging.

4. Die vergemakliking van montering as gevolg van hoër akkuraatheid en homogeniteit van komponente.

HOOFSTUK V.

EKONOMIESE EVALUASIE VAN NUMERIESE BEHEERDE TOERUSTING

5.1 INLEIDING

Die besluit om beleggings te doen in numeriese beheerde toerusting kan nie te ligtelik geneem word nie. In die meeste gevalle is die kapitale uitleg baie groot. Wanneer 'n onderneming implementering vir die eerste keer oorweeg, moet daar ook rekening gehou word met bykomende faktore soos¹:

1. Interne veranderings in organisasie en praktyk.
2. Opleiding van produksie- en instandhoudingspersoneel.
3. Installeringskoste van toerusting.

Om te verseker dat die mees ekonomiese besluit geneem word, is dit nodig dat 'n ekonomiese evaluasie, gebaseer op 'n sistematiese en wetenskaplike ondersoek, gedoen word.

5.2 ONDERSOEKMETODES.

Verskeie benaderings bestaan om ekonomiese evaluering van toerusting te doen. In hierdie bespreking

1. Wilson. Numerical Control in Manufacturing, p.411.

sal daar egter volstaan word met die volgende ses metodes: *

1. Terugbetalingsperiode
2. Gemiddelde inkomste op belegging
3. Gemiddelde inkomste op gemiddelde belegging
4. Netto huidige waarde
5. Verdiskonteerde inkomste koers ²
6. MAPI - metode ³

5.2.1 Terugbetalingsperiode.

Die aantal jare benodig om die kontant belegging te herwin word as volg bereken:

$$\text{Terugbetalingsperiode} = \frac{\text{Netto belegging}}{\text{jaarlikse besparing}}$$

* Metodes 1 - 5 kan beskryf word as algemeen bekende metodes en word dus slegs kortliks beskryf. Metode 6, of te wel die MAPI-metode is baie gewild en word almeer gebruik by ekonomiese evaluasie van numeriese beheerde toerusting. Hierdie metode word in detail beskryf.

2. Welsch. Profit planning and control, p.371 - 383 .
3. Childs. Principles of Numerical Control, p.124.

5.2.2 Gemiddelde inkomste op belegging.

Hierdie metode is die resiproke van metode 1 en word as volg bereken:

$$\text{Gemiddelde inkomste} = \frac{\text{jaarlikse besparing}}{\text{netto belegging}}$$

5.2.3 Gemiddelde inkomste op gemiddelde belegging.

Hierdie metode is identies aan metode 2, behalwe dat gebruikgemaak word van die gemiddelde netto belegging en wel as volg:

$$\text{Gemiddelde inkomste} = \frac{\text{jaarlikse besparing}}{\text{gem. netto belegging}}$$

Metodes 4 en 5 is die sogenaamde verdiskonteerde kontantvloei metodes. Hierdie metodes besit die eienskap dat hulle die tydwaarde van geld in ag neem.

5.2.4 Netto huidige waarde.

Omdat geldwaarde tydgebonde is, moet daarvoor toegelaat word in evaluasie. Dié metode verwys alle geldwaardes volgens die onderstaande formule na die huidige waarde op grond waarvan daar dan vergelykings gedoen kan word.

Om bogenoemde kalkulasies te vergemaklik, word tabelle opgestel vir verskillende rentekoerse

volgens die onderstaande formule:

$$PV = F \left(\frac{1}{1+i} \right)^n$$

waar: PV = Huidige waarde
 F = Toekomstige waarde
 i = Periodieke rentekoers
 n = Aantal periodes.

5.2.5 Verdiskonteerde inkomste koers.

Met hierdie metode word die koers bereken waarteen toekomstige inkome verdiskonteer moet word sodat die som van die totale verdiskonteerde inkome gelyk sal wees aan die huidige uitgawe.

5.2.6 MAPI - Metode.*

Hierdie metode wat ontwikkel is deur die „Machinery and Allied Products Institution" vergelyk die produksiekoste vir die eerste jaar van die bestaande metode met die ooreenkomstige produksiekoste van die voorgestelde metode.

Die besparing (indien enige) wat realiseer as gevolg van moontlike gebruik van die voorgestelde metode, word dan vergelyk met die toegedeelde koste van die voorgestelde toerusting vir die eerste jaar. Indien 'n betekenisvolle besparing teweeggebring kan word vir die eerste jaar, word aangeneem dat in daaropvolgende periodes ook betekenisvolle besparings ondervind sal word.

Die jaarlikse besparing word op dieselfde wyse bereken as by die terugbetalingsperiode-metode. Die jaarlikse toegedeelde koste word egter bereken deur benutting van die dubbel afneembare balans-metode.

5.3 VOORDELE VAN DIE MAPI - METODE ⁵

1. Dié metode is relatief eenvoudig en maklik verstaanbaar.
2. Dit is veral handig wanneer vernuwing van bestaande stelsels oorweeg word.

5.4 NADELE VAN DIE MAPI - METODE ⁶

1. Hierdie metode dui nie die inkomste koers op beleggings aan nie.
2. Masjieneringskoste word beklemtoon terwyl verskeie voordelige faktore van numeriese beheer soos produksiebeheer, kwaliteitsbeheer en voorraadbeheer buite rekening gelaat word. Wanneer bogenoemde faktore se geldwaarde wel bepaalbaar is, behoort dit ingesluit te word in die tabel in die voorbeeld hieronder getoon onder die hoof „Ander besparings.”
3. Daar word slegs na die eerste jaar gekyk na moontlike implementering.

5. Childs. Principles of Numerical Control, p.124.

6. Ibid, p.125.

5.5 TOEPASSING VAN DIE MAPI - METODE⁷

Die voorbeelde wat hieronder beskryf word, behels 'n stap vir stap analise wat gevolg mag word by die ekonomiese evalusie van numeriese beheerde toerusting.

5.5.1 Definering van 'n geskikte toepassingsveld.

Die eerste en heelwaarskynlik een van die belangrikste stappe, behels die bepaling van die toepassingsveld van numeriese beheer. Anders gestel, behels hierdie stap die bepaling van watter onderdele deur numeriese beheer vervaardig moet word.

Deur gebruik te maak van metodes soos tydstudie, standarde of self algemene werkswinkelondervinding, kan die vervaardigingstyd per onderdeel vir 'n verteenwoordigende monster van onderdele bepaal word. Van uiterste belang is ook die lotgrootte van die onderdele wat ondersoek kan word. Met behulp van bostaande gegewens kan 'n tabel, soos hieronder getoon, opgestel word.

* Alhoewel 'n spesiale hoofstuk in hierdie verhandeling gewy word aan voorbeelde en gevalle studies, word hier 'n detail beskrywing en voorbeeld gegee van korrekte toepassing van MAPI - metode.

TABEL 5.1 VERVAARDIGINGSTYD VIR GEMIDDELTE
LOTGROOTTE VAN 15 (OPSTELTYD INGE-
SLUIT.)

No.	Onder- deel No.	Boor (Ligte tipe)	Boor (Swaar tipe)	Boor- bank	Frees.	Draai- bank	TOTAAL
1	001A	0,05	0,15	-	0,23	-	0,43
2	001B	-	0,08	0,13	0,09	-	0,30
3	001C	0,26	-	-	0,02	-	0,28
4	001D	0,11	0,02	-	-	-	0,13
5	001E	0,06	-	-	-	0,32	0,38
20	002B	0,19	0,14	0,09	0,39	-	0,81
TOTALE TYD		1,92	1,10	0,63	1,61	1,02	6,28
PERSENTASIE VAN TOT. TYD		31	18	10	26	15	100

5.5.2 Beoordeling van resultate.

Uit tabel 5.1 is dit duidelik dat die grootste gedeelte van die tyd opgeneem word deur ligte boorwerk van onderdele. Wanneer kompleksiteit van onderdele ook in ag geneem word, is die ver-

vaardigingstyd alleen nie die deurslaggewende faktor nie. Wanneer kompleksiteit egter nagenoeg eenvormig is, sal vervaardigingstyd wel die deurslaggewende faktor wees. In hierdie geval sal ligte boorwerk dus die mees aangewese area wees.

5.5.3 Keuse van toerusting.

Nadat besluit is watter onderdele deur middel van numeriese beheerde toerusting vervaardig gaan word, is die volgende stap dan om die korrekte keuse van die toerusting te doen. Deur 'n noukeurige vergelykende ondersoek van alle modelle en fabrikate beskikbaar, kan 'n goeie keuse gedoen word.

5.5.4 Vervaardigingstyd van onderdele.

Die volgende stap is nou om vervaardigingstyd deur numeries beheerde toerusting vas te stel. Twee metodes word algemeen gebruik naamlik, eerstens, om die verskaffers te vra om 'n ontleding van vervaardigingstyd. Hierdie fasiliteit word gewoonlik deur die verskaffers aangebied, teen 'n baie lae koste. 'n Tweede metode is om subkontrakteurs, wat numeriese beheerde toerusting besit, om 'n kwotasie te vra. Hierdie metode is die akkuraatste, maar die koste is ook hoër as eersgenoemde metode.

5.5.5 Vergelyking van direkte masjieneringskoste.

Bepaal eerstens die jaarlikse lading wat gehanteer

kan word deur die numeriese beheerde masjien. Hierdie stap is nodig om te verseker dat toerusting 100% benut sal word. Die aantal werksure beskikbaar per jaar is die volgende parameter wat bepaal moet word. Gewoonlik word op 'n basis van twee skofte, of te wel 4000 uur per jaar gewerk.

Verder moet die direkte man uur koste sowel as versekeringskoste en mediese koste in aanmerking geneem word. Die totale direkte jaarlikse koste om 'n enkele numeriese beheerde masjien te bedryf, kan nou as volg bereken word:

$$\text{Totale jaarlikse bedryfskoste} = \text{Totale ure} \times \text{Totale manuur koste.}$$

Om 'n vergelyking te tref tussen die bestaande vervaardigingsmetode en die voorgestelde metode, moet die totale bedryfskoste vir die bestaande metode ook bereken word. Deur gebruik te maak van die tabel getoon in tabel 5.2, word hierdie stap heelwat vergemaklik.

TABEL 5.2 VERGELYKING VAN VFRVAARDIGINGSTYD
GEMIDDELDE LOTGROOTTE 15

ONDERDEEL NO.		KONVENSIONEEL	NUMERIESE BEHEER
1	CC1A	0,05	0,03
2	001B	0,26	0,13
3	001C	0,11	0,04
4	001D	0,06	0,03
5	001E	0,19	0,06
15.			
TOTALE TYD (URF)		2,01	0,88

Uit bostaande tabel is dit duidelik dat 2,28 konvensioneële masjiene benodig word om die werk van 1 numeries beheerde masjiens te doen. Dit is verder ook geregverdig om te sê dat die direkte bedryfskoste vir konvensioneële metodes 2,28 keer so hoog is as die ooreenstemmende koste vir numeriese beheerde toerusting.

5.5.6 Bepaling van bokoste besparing.

Een van die moeilikste items om te bepaal, is bokoste. Wanneer slegs 'n klein gedeelte van die bestaande toerusting vervang word, is dit

gebruiklik om hierdie moontlike besparing te ignoreer. Aktiwiteit wat 'n groter invloed mag hê soos byvoorbeeld oorskakeling van twee skofte na een skof, mag betekenisvolle besparings te weeg bring by items soos elektrisiteit, beligting en verwarming.

5.5.7 Vergelyking van toebehore-koste.*

Toebehore-koste (gereedskap-koste) speel 'n belangrike rol in die vergelyking en kan nie buite rekening gelaat word nie. Numeriese beheer besit dié voordeel dat pasmate en klemstukke wat essensieel is vir konvensionele metodes nie benodig word nie. In teenstelling hiermee speel items soos programmering en bandvoorbereiding weer 'n belangrike rol by numeriese beheer, maar is ignoreerbaar by konvensionele vervaardigings-toerusting.

* In hierdie verhandeling word alle items wat direk benodig word om vervaardiging te laat geskied as „toebehore” gedefinieer. Vir numeriese beheerde toerusting sal dit dus items soos programmering, bande ens., insluit. Vir konvensionele toerusting sal items soos pasmate en klemstukke 'n belangrike rol speel.

Die doel van hierdie stap is dus om bogenoemde kostes vir die metodes onder beskouing te ontleed

en die besparing of verkwisting wat numeriese beheer te weeg mag bring, vas te stel.

5.5.8 Ander direkte besparings.

Moontlike besparings soos hieronder genoem, is die volgende wat aandag behoort te geniet.

Afname in inspeksiekoste

Afname in skrot

Vermindering van instandhoudingskoste

Laer kragverbruik

Afname in gereedskapopbergingskoste

5.5.9 Opsomming van resultate.

Nadat alle moontlike besparings ondersoek is, is die volgende stap nou om 'n vergelykende staat soos in tabel 5.3 aangetoon, op te stel.

5.5.10 Vergelyking van besparing en toegedeelde koste van belegging.

Die finale stap in die evaluasie van numeriese beheerde toerusting is om die besparing wat sal realiseer, as gevolg van moontlike implementering, te vergelyk met die eerste jaar se toegedeelde koste. Die totale belegging word eerstens as volg bereken:

TABEL 5.3 'N VERGELYKENDE STAAT

T I P E K O S T E		EERSTE JAAR KOSTE	
		KONVENSIONELE TOERUSTING	NUMERIESE BEHEER- DE TOERUSTING
A	Direkte manuur	RKK, KK	NN, NN
B	Toebehore	RK, K	
C	Instandhouding		
D	Skrot		
E	Inspeksie		
F	Opberging		
G	Ander		
TOTAAL		RKK, KK	RNN, NN
BESPARING MET NUMERIESE BEHEER = RKK, KK - NN, NN (50%) Min belasting = BB, BB Netto besparing = RXX, XX			

Koste van nuwe toerusting	RXX,XX
Installeringskoste	+ <u>XX,XX</u>
Totale ge-installeerde koste	<u>RXX,XX</u>
Minus skrotwaarde van huidige toerusting	RXX,XX
Totale belegging	<u>RXX,XX</u>

Die eerste jaar se toegedeelde koste word bereken deur gebruik te maak van die dubbel afmeetbare balans metode en wel as gevolg:

$$\text{Persentasie jaarlikse toegedeelde koste} = 2 \times \frac{1}{\text{totale dienstydpark}} \times 100\%$$

Met hierdie formule as uitgangspunt is die volgende tabel opgestel.

Deur te besluit oor die verlangde dienstydpark kan die eerste jaar se toegedeelde koste nou bereken word.

TABEL 5.4 PERSENTASIEFAKTOR VIR JAARLIKSE
TOEGEDEELDE KOSTE

DIENSTYDPERK (JAAR)	% FAKTOR
5	40,0
6	33,3
7	28,6
8	25,0
9	22,2
10	20,0
11	18,2
12	16,7
13	15,4
14	14,3
15	13,3

Die finale stap kan dus nou gedoen word naamlik om die toegedeelde koste te vergelyk met die eerste jaar se besparing. Indien die besparing 'n betekenisvolle persentasie van die toegedeelde koste uitmaak, behoort implementering te geskied.

HOOFSTUK VI

GEVALLESTUDIES

6.1 VERGELYKING TUSSEN 'N KONVENSIONELE SENTER-DRAAIBANK EN 'N NUMERIESE BEHEERDE DRAAIBANK.* (KONTINUE BEHEER.)¹

6.1.1 Die situasie

'n Vervaardigingsmaatskappy moes onderdele vervaardig soos gespesifiseer in figuur 6.2. Die maatskappy het die keuse gehad tussen 'n konvensionele senterdraaibank met 'n bekende masjienuurkoers van R3,50, en een van drie numeriese beheerde draaibanke met aankoopsprijs soos getoon.

6.1.2 Stap 1*

As eerste stap is die masjienuurkoers vir elke numeriese beheerde draaibank bereken. Die berekenings is gebaseer op enkelskofbasis (2000 uur per jaar) sowel as dubbelskofbasis (4000 uur per jaar.) Die resultaat was soos in tabel 6.1 aangetoon.

* TIPE: CHURCHILL RED CENTURY TYPE 350 NC."

* In hierdie gevallestudie is die eenhede van koers, tyd en koste onderskeidelik: Rand per uur, uur en rand.

1. Dodgson. Economic justification of N.C. Lathes, n.649 - 651.

TABEL 6.1 BEREKENDE MASJIENUURKOERS

Kapitale waarde	60000		20000		10000	
Totale leeftyd (jaar)	10		7		7	
Vloerarea (m ²)	44		22		22	
Benutting (uur/jaar)	2000	4000	2000	4000	2000	4000
Jaarlikse uitgawe						
1.DEPRESIASIE (20% toelating op be- legging)	4800	4800	2286	2286	1142	1142
2.Versekering	80	80	32	32	16	16
3.Huur	160	160	80	80	80	80
4.Rente	40	40	20	20	20	20
5.Beligting, krag en verwarming	140	220	88	132	70	110
6.Beplanning	4000	5000	2000	2500	1000	1300
7.Verbruiksgereed- skap	700	1400	700	700	300	600
8.Instandhouding	500	1000	200	400	120	240
9.Bykomende bokoste	1500	3000	1500	3000	2000	3400
10.Totale bokoste	11920	15700	6906	9850	4748	6908
11.Arbeidskoste	2150	5020	2150	5020	2150	5020
12.Totale koste	14070	20720	9056	14870	6918	11928
BEREKENDE MASJIENUURKOERS	7,00	5,00	4,50	3,70	3,46	3,00

Om bo alle twyfel vas te stel of numeriese beheerde toerusting 'n voordeel bo konvensionele toerusting het is die duurste masjien gekies. Die masjienuurkoers was in hierdie geval R7,00, wanneer enkelskof-basis veronderstel is.

6.1.3 Stap 2

Die volgende stap was nou om 'n vergelykende analise op te stel soos in tabel 6.2 getoon.

TABEL 6.2(a) KOSTE ELEMENTE

	OPSTELLING		VLOER TOT VLOER MASJIENERING		BEPLANNING	
	KONVEN- SIONEEL	NUMERIE- SE BE- HEER	KONVEN- SIONEEL	NUMERIE- SE BE- HEER	KONVEN- SIONEEL	NUMERIE- SE BE- HEER
KOERS	3,50	7,00	3,50	7,00	3,50	3,50
BEWERK- INGS TYD	1,00	0,60	12,50	1,72	2,00	6,00
KOSTE	3,50	4,20	43,76	12,04	7,00	21,00

Die gemiddelde produksietyd vir elke onderdeel vir
getoonde lotgroottes = $\left[\text{opsteltyd} + (\text{vloer tot vloer} \right.$
 $\left. \text{tyd} \times \text{lotgrootte}) \right]$
 $\div \text{lotgrootte}.$

TABEL 6.2(b) PRODUKSIETYE

PRODUKSIETYD (UUR.)	LOTGROOTTE			
	1	5	10	20
Bestaande metode	13,50	12,70	12,60	12,55
Numeriese beheerde metode	2,32	1,84	1,78	1,75
Tydsbesparing	11,18	10,86	10,82	10,80
% Besparing	83	85	86	86

Die koste per onderdeel vir getoonde lotgroottes.

EERSTE LOT = Opsteltyd + (vloer tot vloer tyd x
lotgrootte) + beplannings-
koste - lotgrootte.

L.W. Vir enige herhaling van produksie, kan beplan-
ningskoste weggelaat word.

TABEL 6.2(c) PRODUKSIEKOSTE

	EERSTE LOT				DAAROPVOLGENDE			
LOTGROOTTE	1	5	10	20	1	5	10	20
Bestaande metode(R)	54,26	45,80	44,80	22,36	47,26	44,40	44,10	44,00
Numeriese beheerde metode (R)	37,24	17,08	14,56	13,28	16,24	12,88	12,46	12,24
Besparing per onderdeel	17,02	28,72	30,24	31,08	31,02	31,52	31,64	31,76
% Besparing	31,5	63	67,5	70	65,5	71	72	72,3

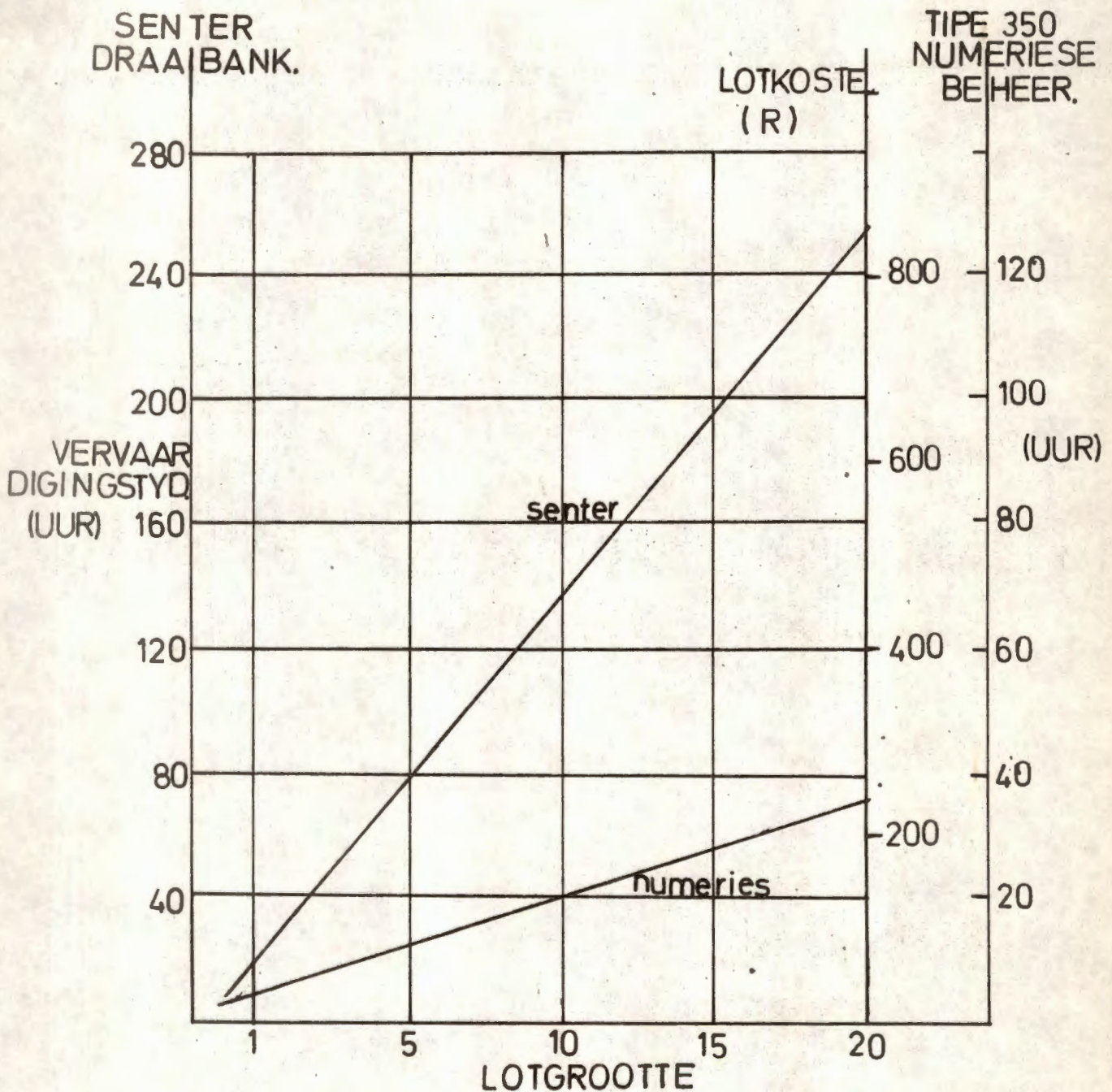
Die persentasie opbrengs op die belegging word as volg bereken:

TABEL 6.2(d) PERSENTASIE OPBRENGS

	BESTAANDE METODE	NUMERIESE BEHEER
LOTGROOTTE	20	20
TOTALE PRODUKSIE-TYD	251	35
TOTALE PRODUKSIE-KOSTE (R)	880	246
BESPARING PER JAAR (2000 uur basis) = $634 \times \frac{2000}{35} = R36240$		
KAPITALE UITGAWE (R)	---	80000
OPBRENGS	---	36240
% OPBRENGS	---	45,4%

6.1.4 Stap 3

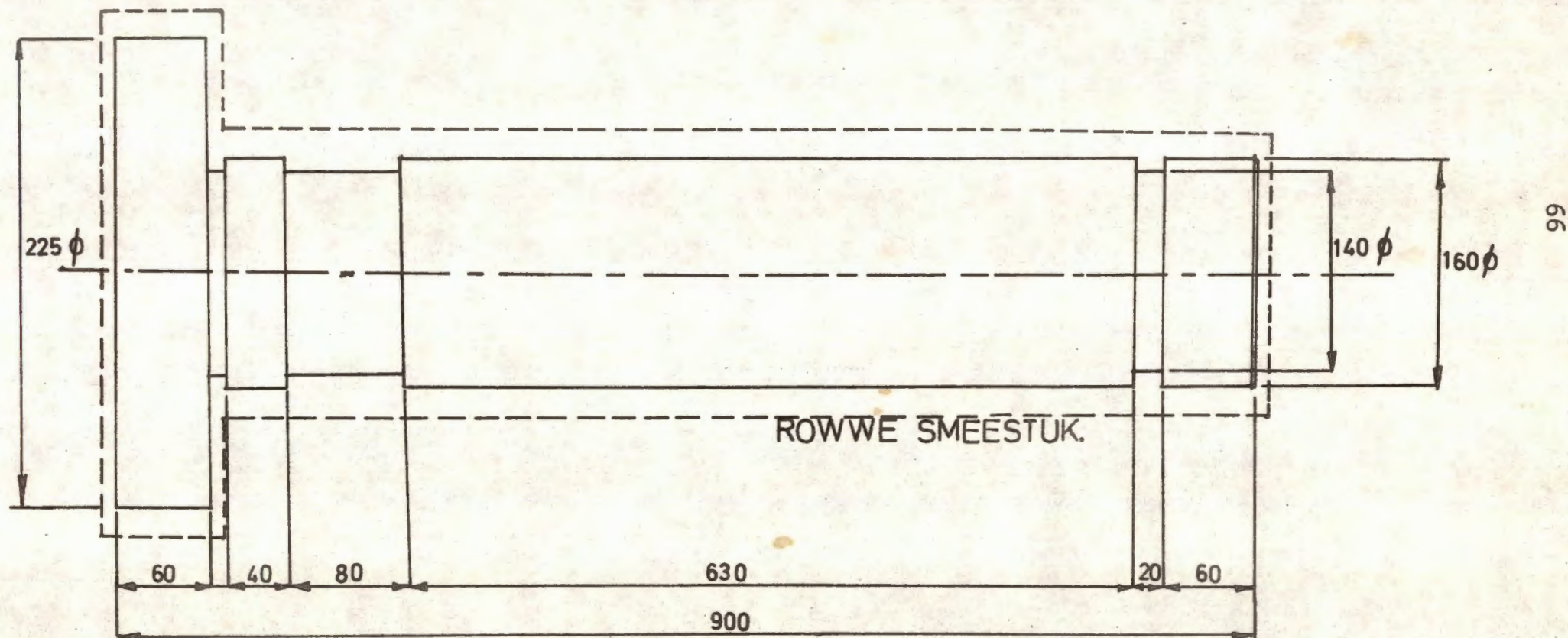
Om interpretasie te vergemaklik is die resultate grafies voorgestel in figuur 6.1



FIGUUR 6.1 VERVAARDIGINGSKOSTE VIR VERSKILLENDE LOTGROOTTES

6.1.5 Gevolgtrekkings.

1. Die opbrengs op belegging, wat realiseer as gevolg van besparing, is soos in tabel 6.2(d) getoon, 45,4%.
2. Met toenemende produksie neem besparing toe soos in figuur 6.1 getoon word.



FIGUUR 6.2 DRAAIBANK-AS

6.2 VERGELYKING TUSSEN KONVENSIONELE EN NUMERIESE BEHEERDE INSPEKSIE²

6.2.1 Die situasie.

'n Europese vervaardigingsonderneming moes 'n keuse maak tussen bogenoemde inspeksie-metodes. Die onderneming het vier projekte gehad om af te handel, met 'n totale tydsduur van vyf jaar.

6.2.2 Stap 1

As eerste stap is 'n ekonomiese evaluasie van die verskillende metodes gedoen.

TABEL 6.3 KOSTE VERGELYKING

METODE	TOERUSTING	KOSTE (R)
KONVENSIONEEL	STANDAARD MATE	5000
	SPEZIALE MATE	40000
	INSTELLINGS	5000
	INSTANDHOUDING	2500
T O T A L E K O S T E		52500
NUMERIESE BEHEER	MASJIENTOERUSTING	32000
	STANDAARD MATE	2500
	INSTELLINGS	2500
	INSTANDHOUDING	950
T O T A L E K O S T E		37950

Die besparing, slegs ten opsigte van toerusting, was vanaf tabel 6.3, R14550.

6.2.3 Stap 2

Alhoewel dit moeilik was vir die onderneming om te bepaal, is besparings op ondergenoemde items ondersoek en positief bevestig:

1. Laer besoldigde inspekteurs (as gevolg van beter toerusting) is hierdie personeel nie so intensief opgelei nie.
2. Afname in skrot.
3. Toename in produksie as gevolg van tydsbesparing.

Stap 3

Die onderneming het vir toekomstige verwysing 'n deurtastende ondersoek gedoen ten opsigte van inspeksietye op verskillende onderdele. Die resultaat word hieronder getoon.

ONDERDEEL NO.1 : SILINDER

Konvensionele inspeksie	4 uur
Numeriese beheerde inspeksie	1 uur 15 min.
Numeriese beheerde inspeksie met dokumentering	--
Numeriese beheerde inspeksie geïntegreer met sentrale rekenaar	33 minute

ONDERDEEL NO.2 : RING

Konvensionele inspeksie	3 uur
Numeriese beheerde inspeksie	34 minute
Numeriese beheerde inspeksie met dokumentering	---
Numeriese beheerde inspeksie geïntegreer met 'n sentrale rekenaar	18 minute

ONDERDEEL NO.3 : PONS

Konvensionele inspeksie	1 uur 20 minute
Numeriese beheerde inspeksie	35 minute
Numeriese beheerde inspeksie met dokumentering	21 minute
Numeriese beheerde inspeksie geïntegreer met 'n sentrale rekenaar	---

ONDERDEEL NO.4 : KAS

Konvensionele inspeksie	40 uur
Numeriese beheerde inspeksie	8 uur 30 minute
Numeriese beheerde inspeksie met dokumentering	---
Numeriese beheerde inspeksie geïntegreer met 'n sentrale rekenaar	---

ONDERDEEL NO. 5 : ROTOR POMP-AS

Konvensionele inspeksie	2 uur 15 minute
Numeriese beheerde inspeksie	50 minute

Numeriese beheerde inspeksie	---
met dokumentering	
Numeriese beheerde inspeksie	
geïntegreer met 'n sentrale rekenaar	20 minute

ONDERDEEL NO. 6 : TURBINELEM

Konvensionele inspeksie	7 uur
Numeriese beheerde inspeksie	2 uur 10 minute
Numeriese beheerde inspeksie	---
met dokumentering	
Numeriese beheerde inspeksie	
geïntegreer met 'n sentrale rekenaar	36 minute

ONDERDEEL NO. 7 : ALUMINIUM PLAAT

Konvensionele inspeksie	30 uur
Numeriese beheerde inspeksie	2 uur 10 minute
Numeriese beheerde inspeksie	---
met dokumentering	
Numeriese beheerde inspeksie	
geïntegreer met 'n sentrale rekenaar	43 minute

ONDERDEEL NO.8 : NEUS-STUK

Konvensionele inspeksie	8 uur 30 minute
Numeriese beheerde inspeksie	4 uur
Numeriese beheerde inspeksie	---
met dokumentering	
Numeriese beheerde inspeksie	
geïntegreer met 'n sentrale rekenaar	1 uur 30 minute

ONDERDEEL NO. 9 : MOTOR - ROTOR

Konvensionele inspeksie	3 uur 30 minute
Numeriese beheerde inspeksie	1 uur 15 minute
Numeriese beheerde inspeksie met dokumentering	56 minute
Numeriese beheerde inspeksie geïntegreer met 'n sentrale rekenaar	25 minute

ONDERDEEL NO. 10 : ALUMINIUM PLAAT

Konvensionele inspeksie	3 uur
Numeriese beheerde inspeksie	36 minute
Numeriese beheerde inspeksie met dokumentering	18 minute
Numeriese beheerde inspeksie geïntegreer met 'n sentrale rekenaar	16 minute

Stap 4

'n Na-aankope ondersoek het aan die lig gebring dat met die gebruik van numeriese beheerde toerusting, die persentasie opbrengs op belegging 45% was.



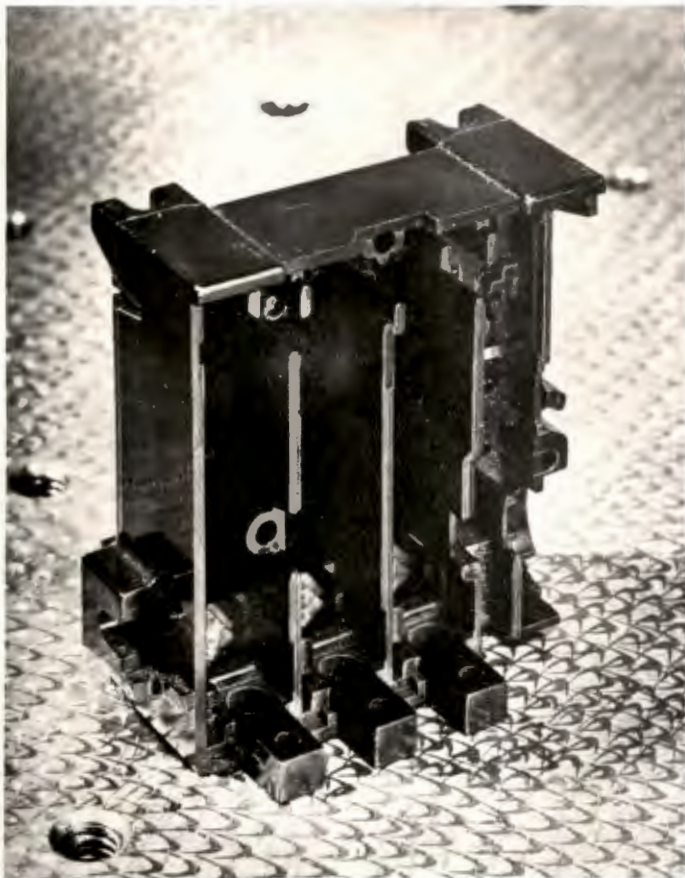
ONDERDEEL NO.1



ONDERDEEL NO.2



ONDERDEEL NO.3



ONDERDEEL NO. 4(a)



ONDERDEEL NO. 4(b)

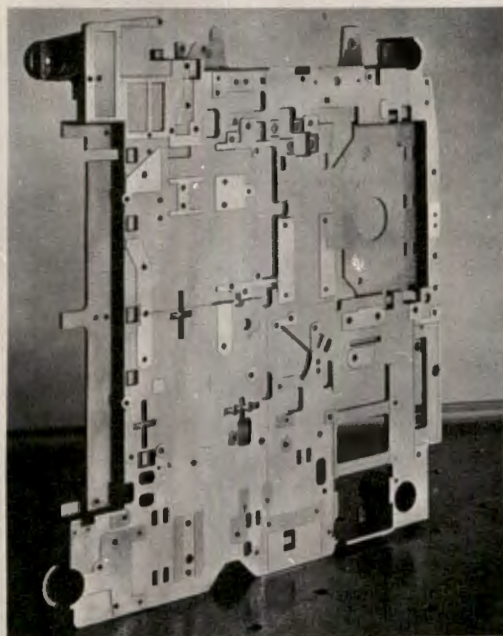


ONDERDEEL NO. 5

ONDERDEEL NO. 6



ONDERDEEL NO. 7





ONDERDEEL NO. 8



ONDERDEEL NO. 9



ONDERDEEL NO. 10

S Y N O P S I S

Numerical control was first successfully demonstrated at the Massachusetts Institute of Technology in the early fifties. Since then it has been increasing in popularity to such an extent that by 1975, it is anticipated, approximately 75 percent of all new equipment will probably be numerically controlled.

It is, therefore, of the utmost importance that managers, engineers and designers will be aware of the potential of this type of control for manufacturing purposes.

Basically one can distinguish between three types of manufacturing, namely; massproduction, batchproduction and numerically controlled production. Different parameters like component complexity and batch size play an important part when a decision, whether to implement numerical control, has to be made. The final decision should always be made after a scientific investigation of technical and economical factors.

Different types of numerically controlled equipment are now available, and can be grouped together in the following three categories namely: point to point control, straightline control and continuous

path control. Either one of the abovementioned control methods or a combination of two or more methods will be able to execute any type of manufacturing successfully.

Different economic investigation methods exist and are well known, but a special investigation method, applicable to numerically controlled equipment has been developed. This method, the so-called MAPI method, is described in detail in this thesis.

It is furthermore important that management will be able to recognise certain condition under which numerical control will be a candidate for implementation. This thesis gives a broad outline as to what factors will point out the possible use of numerically controlled equipment.

B I B L I O G R A F I E.

BEZIER, P. Numerical Control; Mathematics and application. London. John Wiley & sons, 1972.

CHILDS, JAMES J. Principles of numerical Control. New York. Industrial Press Inc., 1969.

CROOKALL, J.R. Technical and economical aspects of numerical control. London. The machine tool trades association, 1969.

C.S.I.R. Course in numerical control for manufacturing industries. Pretoria. C.S.I.R., 1972.

DODGSON, F. Economic justification of NC lathes. Machinery and production engineering. May, 1972.

HARPER, W.M. Management accounting. London. Mac Donald & Evans Ltd., 1969.

LOCKWOOD, F.B. Fundamentals of numerical control. LONDON. The machinery publishing Co. Ltd., 1967.

OLESTEN, NILS, O. Numerical control. New York. Wiley Interscience. 1970.

SHAH, RAYMOND. NC guide; Numerical control handbook. Zurich. Raymond Shah, Postfach 1971.

SIMON, WILHELM. The numerical control of machine tools. London. Edward Arnold. 1973.

SORGDRAGER, A.J.E. Kosprysberekening en tegniek. Potchefstroom. Nasou Beperk. 1967.

TOWN, H.C. Automatic machine tools. London. Iliffe Books Ltd. 1968.

WELSCH, GLENN, A. Budgeting: Profit planning and control. New Jersey. Prentice-Hall International, INC. 1971.

WILSON, FRANK W. Numerical control in manufacturing. New York. Mc Graw-Hill Book Co. 1963.