

Modelbeschrijving van de productieplanning bij Van Geel Systems

Citation for published version (APA):

van Hoesel, C. P. M., Lenstra, J. K., Tiourine, S. R., & Veltman, B. (1993). *Modelbeschrijving van de productieplanning bij Van Geel Systems*. (IWDE report; Vol. 9309). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1993

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Instituut Wiskundige Dienstverlening Eindhoven

Rapport IWDE 93-09

MODELBESCHRIJVING EN APPENDIX

Dr. ir. C.P.M. van Hoesel
Prof. dr. J.K. Lenstra
Drs. S. Tiourine
Dr. B. Veltman

2 juni 1993



INLEIDING

Van Geel Metal BV is gespecialiseerd in het produceren van plaatwerk ten behoeve van de utiliteitsbouw. De drie belangrijkste produktgroepen zijn plafondsysteem, wanden en konvektoromkastingen. Deze produkten worden gefabriceerd in het bedrijf in Boxtel.

Het bedrijf produceert de produkten op order, d.w.z. een klant plaatst een bestelling waarna deze opgenomen wordt in de planning. Van Geel kent geen standaardprodukten en levert niet uit voorraad. De fabricage van een produkt bestaat uit diverse bewerkingen, zoals dat bijvoorbeeld kunnen zijn het aanbrengen van een gaatjespatroon, het zetten van kanten en poederen. Daarnaast zijn er nog diverse andere bewerkingen die een produkt eventueel ondergaat.

Op de afdeling die de voorcalculatie verricht wordt voor ieder produkt een bill of material opgesteld en een routing van operaties (de uit te voeren bewerkingen) vastgelegd, met daarbij de bewerkingstijden, inclusief steltijden voor alle operaties. Op basis van deze gegevens worden aan de diverse operaties tijdsperioden toegekend waarop deze uitgevoerd dienen te worden. Het is door de complexiteit van het probleem op dit moment moeilijk om te beoordelen of de planning een optimaal gebruik maakt van de capaciteit van het machinepark. Daarom dient programmatuur ontwikkeld te worden, die produktieplanningen genereert waarbij de capaciteit zo goed mogelijk benut wordt. Dit systeem moet mogelijkheden open laten tot het verrichten van diverse handelingen die toestaan dat men kan inspelen op veranderend aanbod en plannings on-line kan aanpassen. Het systeem zal toegevoegd worden aan een logistiek en financieel besturingssysteem, in het vervolg aangeduid met Triton.

De afgelopen drie maanden is onderzoek gedaan naar de werking van het productieproces bij Van Geel Metal BV. In sectie 1 wordt dit proces beschreven. In sectie 2 wordt het probleem gemodelleerd. In sectie 3 worden de methoden beschreven die gebruikt gaan worden om produktieplannen te genereren. Tevens worden in deze sectie de mogelijkheden van het systeem beschreven. Tenslotte wordt een tijdsplanning gegeven in sectie 4.

1. PROBLEEMBESCHRIJVING

In de planning van Van Geel worden alleen klantorders opgenomen, dat betekent dat Van Geel geen standaardprodukten kent en niet uit voorraad levert. Het binnenkomen van orders is een on-line proces. Voor elke order is een datum gegeven waarop hij geleverd moet worden. Deze levertijd varieert in het algemeen van drie tot tien weken. Een order bestaat uit één of meer

te fabriceren produkten. Per produkt is een aantal bewerkingen nodig om het te fabriceren. De mogelijke bewerkingen zijn:

perforeren: platen perforeren in een bepaald patroon en op lengte afknippen;

uithoeken: hoeken aanbrengen die nodig zijn om de kanten te kunnen zetten en de platen op te kunnen hangen;

langskant zetten: de langskanten van een plaat vouwen in een bepaalde zetting;

kopkant zetten: de kopkanten van een plaat vouwen in een bepaalde zetting;

poederen: de platen verven, dat wil zeggen eerst poederen en dan moffelen, in een bepaalde kleur;

inpakken: het produkt in folie en karton inpakken.

strekken: de platen na het perforeren ontdoen van spanning door ze te walsen;

nokken ponsen: nokken in de platen ponsen;

knippen: langskanten van platen bijknippen om de juiste breedte te verkrijgen;

gaten ponsen: gaten en haken ponsen, ofwel excenter persen;

puntlassen: eenvoudige lasbewerkingen;

bankwerken: lassen en andere speciale bewerkingen op de platen;

monteren: montage bewerkingen;

uitbesteden: het uitbesteden van bewerkingen die niet door Van Geel Metal zelf uitgevoerd worden.

In het algemeen zal voor een produkt slechts een deel van de bovengenoemde bewerkingen uitgevoerd moeten worden. De volgorde (routing) is niet standaard en wordt bepaald door de afdeling voorcalculatie. Zo zal een plafondtegel bijvoorbeeld de volgende volgorde van bewerkingen moeten doorlopen: perforeren, uithoeken, kantzetten, poederen en inpakken.

Veelal kan elk type bewerking door verscheidene (parallele) machines uitgevoerd worden, maar niet elke voor een produkt specifieke bewerking kan door alle machines, die dit type bewerking kunnen uitvoeren, worden gedaan. Er kunnen bijvoorbeeld drie machines perforeren, maar een gegeven perforatiepatroon kan niet door ieder van deze drie uitgevoerd worden. Daarom is per produkt naast de volgorde van de vereiste bewerkingen tevens gegeven welke machine iedere bewerking uitvoert. Tenslotte is de produktietijd per combinatie van bewerking en machine bekend; het geeft de bewerkingstijd van het produkt op desbetreffende machine weer zonder inachtneming van steltijden of wachttijden.

Voor de bewerkingen beschikt Van Geel over de machines genoemd in Tabel 1. Voor de laatste bewerking (uitbesteden) kan geen machine worden gespecificeerd; deze bewerking legt geen beslag op een machine van Van Geel. Hiervoor wordt binnen de productieplanning slechts een vertraging in tijd gereserveerd. De bewerkingen uithoeken en kantzetten kunnen op de zogenaamde Tegellijn automatisch na elkaar worden uitgevoerd. Dit is echter alleen mogelijk als de bewerkingen uithoeken en zetten relatief eenvoudig zijn.

Tussen opeenvolgende bewerkingen op dezelfde machine treden in het algemeen steltijden op. Deze worden veroorzaakt doordat machine-onderdelen zoals perforatiestempels verwisseld moeten worden. Daarnaast wordt ook getest of een operatie op een produkt correct wordt uitgevoerd. Door de volgorde van verschillende operaties (van verschillende produkten) op een machine te veranderen is het soms mogelijk op de steltijden te besparen. Deze tijden worden bepaald door produkteigenschappen en machinekarakteristieken. Voor een totaal overzicht van machinekarakteristieken, produkteigenschappen en steltijden verwijzen we naar de appendix. We zullen alleen rekening houden met tijden die substantieel zijn ten opzichte van de produktietijden.

Planningen zullen in het algemeen voor een aantal dagen (bijvoorbeeld een week) vastgelegd worden. In zo'n periode kan ongeveer 80% van de productiecapaciteit van een machine gebruikt worden; deze richtlijn is geen vast gegeven, maar instelbaar door Van Geel. De resterende tijd is nodig voor reparatie, onderhoud en eventuele onvoorziene omstandigheden. Met deze randvoorwaarden moet flexibel omgegaan kunnen worden.

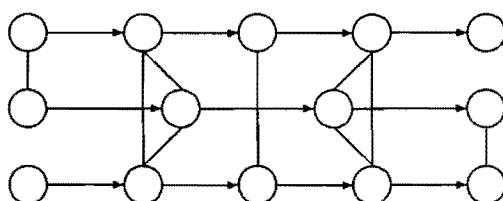
bewerking	machines	tariefgroep
perforeren	Brück 1	444
	Brück 2	444
	Heilbron	445
uithoeken	CNC	447, 448, 449
uithoeken en zetten	Tegellijn/WEMO	660
zetten	Dreistern	661
langskant zetten	kantbank	601
	Promecom	602
	Colly	620, 622
	Beyler	629, 630
	kantbank	631
kopkant zetten	RAS	463, 464, 466
poederen	poederbaan	841
inpakken	krimptunnel	911
	handinpakken	908
	wikkelen	912
strekken	strekwals	471, 475
nokken ponsen	Wilhelmi	483
knippen	Beyler schaar	506
	Colgar schaar	507
gaten ponsen	Excenter pers	536, 537
puntlassen	Aarding	760
	Howel	762
	Schlatter	764
	puntlastang	766
bankwerken	—	702, 715, 716
	—	717, 718
monteren	—	800
uitbesteden	—	900

Tabel 1. Machinepark Van Geel Metal.

2. MODELLERING VAN HET PROBLEEM

Gegeven is een aantal produkten dat verwerkt dient te worden door een aantal machines. De verwerking van een produkt moet voltooid worden binnen een gegeven levertijd. Elk produkt bestaat uit een keten van bewerkingen of operaties. Per bewerking zijn de produktietijd en de machine die deze (bij voorkeur) uit zal voeren gegeven. Dit wordt weergegeven door de onderstaande disjunctieve graaf. Hierin worden de operaties door punten

weergegeven. Per produkt wordt de technologische volgorde van de operaties door pijlen (\rightarrow) gerepresenteerd, waarbij elk (maximaal) pad correspondeert met één produkt. De beperkte machinecapaciteit wordt door kanten gerepresenteerd ($—$); twee operaties zijn verbonden door middel van een kant als ze dezelfde machine voor hun bewerking vereisen. Een toewijzing van starttijden aan operaties, ofwel een productieplan, is eenvoudig te verkrijgen door iedere (ongerichte) kant van de graaf te richten zodanig dat de resulterende gerichte graaf acyclisch is. De gerichte kanten bepalen dan de volgorde waarin de operaties door bijbehorende machine verwerkt dienen te worden.



Figuur 1. Een disjunctieve graaf.

De opdracht is een productieplan, dat is een toewijzing van starttijden aan bewerkingen, te vinden dat één of meer optimaliteitscriteria minimaliseert. Dit type toewijzingsprobleem behoort tot de klasse van *job shop scheduling problemen*. Doordat plannings voor een bepaalde periode gemaakt worden en binnen die periode tot een bepaalde horizon vrijgegeven worden naar de werkvloer, is het probleem als off-line te beschouwen. De lengte van de periode (bijvoorbeeld een week) en de horizon (bijvoorbeeld twee dagen) moeten instelbaar zijn.

Voor Van Geel is de doelstelling een hoge bezettingsgraad van de machines te realiseren. Dit betekent dat we zoeken naar toewijzingen die een gegeven verzameling van operaties gemiddeld zo snel mogelijk verwerken, rekening houdend met de levertijden van de produkten. Met andere woorden: de som van de completeringstijden van de operaties wordt als optimaliteitscriterium genomen en deze moet worden geminimaliseerd.

Steltijden treden op tussen opeenvolgende bewerkingen op dezelfde machine. In onderstaande tabel worden de ons inziens relevante bewerkingen met steltijden, waarop redelijke besparingen mogelijk zijn, vermeld. Om steltijden te besparen dient ook rekening gehouden te worden met de standtijd van perforatiegereedschappen; stempels worden om de 30 tot 40 uur perforeren bijgeslepen. Omdat de poederbaan twee cabines bevat kan bij

een goede planning het schoonmaken van een cabine tijdens het productieproces gebeuren; zie hiertoe ook de appendix.

bewerking	machine	kenmerken
perforeren	Brück	materiaalsoort breedte perforatietype
	Heilbron	produkttype
uithoeken, zetten	Tegellijn	diepte uithoeking
zetten	Dreistern	hoogte produkttype
poederen	poederbaan	kleur lengte (bar)

Tabel 2. Produktkenmerken van invloed op steltijden.

Uitwisseling tussen verschillende machines van een operatie is slechts in zeer beperkte mate mogelijk. Hieronder en in Tabel 3 geven we de bestaande mogelijkheden tot uitwisseling.

- Perforaties die uitgevoerd kunnen worden door de Heilbron kunnen door de Brücks uitgevoerd worden.
- Perforaties die uitgevoerd kunnen worden door Brück 2 kunnen alle tevens uitgevoerd worden door Brück 1, waarbij rekening gehouden moet worden met het gegeven dat de produktietijden op de Brück 1 twee keer zo groot zijn als op de Brück 2.
- Produkten die door de Dreistern verwerkt worden kunnen tevens door de Tegellijn verwerkt worden.
- Alle producten die op de Tegellijn/WEMO uit gehoekt en gezet worden kunnen ook universeel, dat wil zeggen via CNC-kantbank-RAS, gemaakt worden.
- De CNC's zijn vrijwel identieke machines, alleen moet materiaal van dikte meer dan 2 mm op de 449 verwerkt worden daar deze in een

geluidscabine staat. Tevens is het aantal graden waaronder de uithoeking plaatsvindt een beperkende factor.

- De kantbanken zijn nagenoeg allemaal onderling uitwisselbaar, waarbij rekening gehouden moet worden met de lengte van het produkt. Verschillen in aanwezigheid van gereedschappen, perskracht en manier van zetten vormen verdere beperkingen op de uitwisselbaarheid.
- De RASsen 463 en 466 zijn onderling uitwisselbaar en kunnen beide alle produkten verwerken die door de 464 verwerkt kunnen worden.

bewerking	machine	kenmerken
perforeren	Brück	breedte perforatietype
uithoeken	CNC's	dikte graden
langskantzetten	kantbanken	lengte
kopkantzetten	RASsen	machine

Tabel 3. Produktkenmerken van invloed op uitwisseling.

In eerste instantie zal de machine-uitwisseling niet meegenomen worden in de produktieplanning maar zal hooguit aangegeven worden voor welke bewerkingen (produkten) een uitwisseling wenselijk zou kunnen zijn voor het genereren van goede produktieplannen. Om uitwisseling in de planning mee te nemen is het mogelijk wenselijk dat alternatieve machinerouteringen voor bewerkingen vanuit de voorcalculatie (of Triton) opgegeven worden.

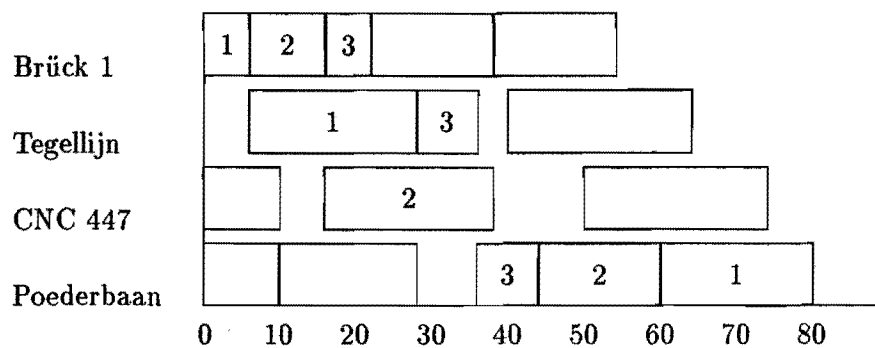
3. METHODEN EN OPZET VAN HET SYSTEEM

De methoden voor het genereren van plannen zullen afgeleid worden van voor het job shop scheduling probleem bekende algoritmen. De doelstelling is zoveel mogelijk machinecapaciteit zo vroeg mogelijk te benutten. Dit wordt gerealiseerd door de som van de completeringstijden van alle operaties te minimaliseren.

We zullen twee typen algoritmen ontwikkelen. Het eerste type algoritme construeert produktieplannen op basis van een prioriteitsregel. De operaties worden één voor één voorzien van een starttijd; de prioriteitsregel bepaalt

de volgorde waarin de operaties van starttijden worden voorzien. Deze methoden construeren initiële plannings, die als startpunt voor het tweede type algoritme kunnen dienen. Dit gaat uit van een gegeven productieplan en tracht dit te verbeteren door middel van verplaatsingen van operaties. Dit soort lokale zoekmethoden is ook geschikt om on-line situaties op te lossen, waarin, bijvoorbeeld, nieuwe operaties aan een bestaand productieplan toegevoegd worden of voltooide operaties uit het productieplan verwijderd worden. Van elk type algoritme zullen één of meer varianten ontwikkeld worden, alle met als doel de machinecapaciteit zo goed mogelijk te benutten.

Het systeem zal bestaan uit drie modules: invoer, algoritmen en uitvoer. De invoer moet zodanig zijn dat nieuwe orders en veranderingen met betrekking tot reeds in het systeem aanwezige operaties ingevoerd kunnen worden. Tot de invoer behoren de dagelijkse boekingen en de tracering van het proces. De rekenmodule, waarvoor de TUE verantwoording draagt, zal bestaan uit verschillende submodules, ieder met zijn specifieke algoritme. Deze modules zullen afhankelijk van de invoer aangeroepen kunnen worden.



Figuur 2. Een Gantt-chart.

De uitvoer zal een duidelijk zicht moeten bieden op de benutting van machinecapaciteit; tegelijkertijd zal voor taken de doorlooptijd in de productie opvraagbaar moeten zijn. Een Gantt-chart representatie sluit goed aan bij deze eisen; vgl. figuur 2. Naast deze uitvoer naar de planner is er ook uitvoer naar Triton voor de administratieve verwerking van de productie en voor het daadwerkelijk vrijgeven van de productie-operaties. De constructie van geavanceerde interfaces voor de in- en uitvoer, met name de grafische weergave van informatie over de gegenereerde productieplannen, valt niet onder verantwoordelijkheid van de TUE.

De flexibiliteit van een systeem wordt bepaald door de mogelijkheden

die het biedt. Hieronder volgt een lijst van, naar ons idee, bruikbare toevoegingen aan het systeem.

- Orders moeten te allen tijde gemakkelijk ingevoegd kunnen worden zonder de planning al te zeer overhoop te halen, door bijvoorbeeld de eerste twee dagen onveranderd te laten.
- Knelpunten moeten opgespoord en weggenomen kunnen worden, deels door het verschuiven van operaties in de tijd, deels door verplaatsen van operaties naar andere machines, deels door het inschakelen van extra ploegen.
- Knelpunten moeten zichtbaar gemaakt kunnen worden, door weergave van produkten op een kritiek pad, bezettingsoverzichten van bottleneckmachines en de verdeling van personeel.
- De planner en het systeem moeten kunnen bepalen wanneer uitwisseling (van de Tegellijn naar de Universeel, of van Brück 2 naar Brück 1) wenselijk is.
- De planner moet in staat zijn tot het aanbrengen van handmatige veranderingen, zoals het verplaatsen van produktbewerkingen in de tijd of over machines, en het vastzetten van bewerkingen in de tijd.
- Gegevens over het produktietraject van één enkel produkt moeten opvraagbaar zijn, evenals de gegevens per bewerkingstype.
- Due dates moeten aangepast kunnen worden.

5. TIJDSPLANNING

In april-juni zal een basissysteem ontwikkeld worden, waarin produktorders ingevoerd kunnen worden en waarmee planningen gegenereerd kunnen worden. In juli-augustus zal het systeem langzamerhand met steeds verfijnder algoritmen uitgerust worden. Deze zullen gedurende deze periode ook ter plaatse getest worden.

Appendix

INLEIDING

We beschrijven per machine de beperkingen die ten aanzien van de bewerkingen gelden, de karakteristieken en lengte van de steltijden, de produkteigenschappen die op de steltijden van invloed zijn en, tenslotte, de wijze waarop produktietijden berekend worden. De tijden worden in perioden opgegeven; één periode neemt 6 minuten in beslag. Waar de beschrijving niet volledig is, beschikt Van Geel al over eigen documentatie.

1. *Perforeren: Brück 1 en Brück 2 (444)*

De stempels van deze perforermachines moeten om de 30 à 40 uur produktietijd worden geslepen. De haspels kunnen een maximaal gewicht van 5 ton dragen; afhankelijk van de banddikte geeft dit een bovengrens op de tijd die achtereen geperforeerd kan worden. Brück 1 heeft maximale uitslagbreedte 1250 mm en Brück 2 heeft maximale uitslagbreedte 800 mm. Brück 2 kan in beperkte mate uithoeken (hetgeen momenteel alleen voor de Gartemann produkten gebeurt).

steltijden: in perioden

<u>bewerking</u>	<u>steltijd</u>
stempel wisselen en breedte instellen	8
band wisselen (bij gelijke soort)	2
band wisselen van zincor naar alanod	25
lengte instellen voor afkorten van zincor	5
lengte instellen voor afkorten van alanod	15
uithoekgereedschap aanbrengen (Brück 2)	5
programma en lengte instellen en proefdraaien	2
proefdraaien	2

produkteigenschappen: stempelnummer (hangt samen met perforatiepatroon), lengte, breedte, dikte en materiaalsoort (zincor of alanod).

produktietijden: Brück 2 maakt een grotere slag en kan daardoor een grotere opschuiving maken (4 rijen in plaats van 2). Stempels 702 en 710 geven hetzelfde perforatiepatroon, maar 710 is 1250 mm breed en 702 slechts 800 mm. Onderstaande tabel geeft aan welke perforaties door de machines uitgevoerd kunnen worden en tevens de normtijd voor elke perforatie (op de snelste machine die de perforatie uit kan voeren).

perforatie	breedte	Brück 1	Brück 2	normtijd
701	800	ja	ja	0.06
702	800	ja	ja	0.023
703	800	ja	ja	0.046
704	800	ja	ja	0.04
715	800	ja	ja	0.02
716	800	ja	ja	0.023
712	800	ja	gewenst	0.034
713	800	ja	gewenst	0.04
705	800	ja	nee	0.051
708	800	ja	nee	0.1
709	1250	ja	nee	0.12 (0.06)
710	1250	ja	nee	0.044
711	1000	ja	nee	0.073

Produktietijden worden als volgt berekend. Zij T het aantal te perforeren tegels, L de lengte (in meters) van één tegel en N de normtijd, dan is $P \times L \times N$ de produktietijd in perioden.

Het aantal te perforeren tegels T is gegeven op het voorcalculatieformulier. De lengte L van een tegel kan men uit de gegevens op het voorkalkulatieformulier berekenen. Op het voorkalkulatieformulier staan het gewicht G, de dikte D en de breedte B van de te bestellen band. De lengte wordt nu gegeven door $L=G/(D \times B \times S)$, waarbij S het soortelijk gewicht is van het materiaal; $S=8$ in het geval van zincor.

2. Perforeren: Heilbron (445)

Stempels moeten om de 30 à 40 uur geslepen worden. De haspel kan een maximaal gewicht van 5 ton dragen. De produkten die aan de Heilbron zijn toegewezen worden niet overgeplaatst naar de andere perforatiemachines; de produktietijden worden in het voorkalkulatieformulier opgegeven. Uithoeken van tegels gebeurt altijd bij tegels die daarna door de Dreistern gevouwen worden.

steltijden: in perioden

bewerking	steltijd
basissteltijd: stempel, maten, band, programma type	8
uithoeken	3
afkorten	5

produkteigenschappen: stempelnummer, breedte, lengte, type (wel of niet uithoeken)

3. Uithoeken en vouwen: tegellijn/WEMO (660)

De lengte van een tegel moet minimaal 500 mm en maximaal 3200 mm bedragen. De tegels worden in de lengte geplaatst. De machine wordt bediend door 1 persoon.

steltijden: in perioden

<u>bewerking</u>	<u>steltijd</u>
uithoeken, standaard	15
uithoeken, niet standaard (diepte)	+10
lengte, langskant	2
breedte, kopkant	3
wisselen uithoekgereedschap	20

produkteigenschappen: type zetting, lengte, breedte, en diepte-instelling.

produktietijden: zie Werkinstructie Tegellijn.

4. Uithoeken: CNC (447, 448, 449)

De 447 en 449 bevatten ieder een trommel van 25 stempelstations. De 448 bevat een trommel van 18 stations. Materiaal van dikte meer dan 2 mm moet door de 449 verwerkt worden, omdat dit de enige CNC is die in een geluidscabine staat. Maximale breedte 1270 mm. Maximale lengte 4000 mm. Gemiddeld zijn er 5 à 6 stempels per produkt vereist. Een aantal veelgebruikte stempels zitten blijvend in de CNC's. De machine wordt aangestuurd door een programma dat wordt ingevoerd door de afdeling voorcalculatie. Voor ieder produkt moet dit opnieuw gebeuren.

steltijden: in perioden

bewerking		steltijd
programma inlezen		1,5
stempel plaatsen	per stempel	1
stempel onder een hoek plaatsen	per stempel	2,5
gemiddelde steltijd		8

produktietijden: De produktietijd is afhankelijk van het uithoek programma en daardoor niet zo eenvoudig van tevoren te berekenen. Voor een grove indicatie kan men het volgende aanhouden: produktietijd (T) = inlegtijd (I) + ponstijd (P), alles in perioden per 1000 stuks. De inlegtijd is afhankelijk van lengte (L) en breedte (B) (in meters): $68 \times L \times B + 15 = I$. De ponstijd is afhankelijk van de lengte: indien de lengte ten hoogste 2 meter bedraagt is $L = 70$ perioden per 1000 stuks en indien de lengte meer dan 2 meter bedraagt is $L = 90$ perioden per 1000 stuks.

5. Vouwen: Dreistern (661)

Alleen materiaal van 0,63 mm dikte. Maximale produktlengte is 2500 mm. Maximale produktbreedte is 625 mm. De breedte mag de lengte niet overschrijden. Vierkante tegels zijn moeilijk of niet te verwerken. Productieproces vereist continu twee mankrachten. Langskanten kunnen alleen naar binnen gevouwen worden.

steltijden: in perioden

<u>bewerking</u>	<u>steltijd</u>
type en hoogte zetting: 29 mm of 45 mm	25
type kopkant	3
breedte	2

produkteigenschappen: hoogte, breedte, type.

6. Langskantzetten: Langskantbanken

De machines zijn te karakteriseren naar de maximale produktlengte die ze kunnen verwerken. Messen van de Beylers zijn onderling uitwisselbaar. Messen van de Colly's zijn onderling uitwisselbaar. Messen van de Beylers zijn niet uitwisselbaar met messen van de Colly's. De meeste bewerkingen kunnen op ieder type machine. De 6 meter bank wordt alleen gebruikt als dit strikt noodzakelijk is. De Colly bank van lengte 4 meter wordt bijna alleen gebruikt voor het maken van Bruynzeelwanden.

<u>lengte (mtr)</u>	<u>tonnage</u>	<u>tariefgroep</u>	<u>machinemerik</u>
1		601	
1		602	Promecom
3	100	629	Beyler
3	120	620	Colly
4	125	630	Beyler
4	400	622	Colly
6		631	

steltijden: in perioden

<u>bewerking</u>	<u>steltijd</u>
instellen voor 1 à 2 zettingen	3
instellen voor 3 à 4 zettingen	5

produkteigenschappen: lengte.

produktietijden: Produktietijden voor het zetten zijn afhankelijk van het type zetting dat uitgevoerd moet worden. Deze informatie is niet uit de voorcalculatieformulieren te halen. De produktietijden worden berekend aan de hand van tabellen.

7. Kopkantzetten: Rassen (463, 464, 466)

Doorgeperforeerde produkten worden alleen op een Ras gezet. De breedte van het produkt mag niet meer dan 2 meter bedragen. Tot 800 mm breed kunnen 2 produkten tegelijkertijd verwerkt worden; in dit geval zijn twee personen nodig om de ras bedienen. De 463 en 466 kunnen dubbele zettingen uitvoeren. De 464 is technisch beperkter en wordt voornamelijk voor Bruynzeelprodukten gebruikt. Op steltijden is alleen te besparen als de breedte tussen opeenvolgende produkten exact hetzelfde is.

steltijden: in perioden

<u>bewerking</u>	<u>steltijd</u>
basisinstelling en nameten	8
lengte instelling	2
programma inlezen	3

produktietijden: Als bij langskantzetten.

8. Poederen: Poederbaan (841)

Het poederproces bestaat uit achtereenvolgens de volgende bewerkingen: ophangen, ontvetten, drogen, poederen, moffelen en afnemen. Er worden gemiddeld 5 tot 8 kleuren per week gebruikt. Ongeveer 80 procent van de produkten wordt in de kleur 9010 gepoederd. Voor het poederen in deze kleur staat dan ook een aparte cabine ter beschikking. De poederbaan heeft twee cabines. Men kan cabine twee schoonmaken tijdens het kleuren mits afwisselend deze cabine en de cabine voor 9010 in gebruik is. Het komt wel eens voor dat produkten alleen ontvet hoeven te worden; dit is het vooral het geval bij Wilhelmiprodukten.

Tijdens het poederen zijn 6 personen werkzaam: 2 ophangers, 2 afhalers, 1 transporteur en 1 operator. De kettinglengte bedraagt 150 meter, waarbij er altijd een leeg stuk van 9 meter moet zijn voor bijstellingen.

De produktlengte mag maximaal 4 meter bedragen (in verband met de bochten). Produkten korter dan 1,80 meter en langer dan 2,50 meter geven een hoge bezetting. Produkten van lengte in het interval [2,10 , 2,50] meter geven een lage bezetting; het is dan mogelijk om de lange bars (de rekken waar de producten opgehangen worden) te verwisselen voor korte; dit wordt momenteel alleen gedaan indien meer dan 500 tegels te poederen zijn.

De haken zijn gericht op slag grootte 1200 mm, maar slag grootte tot 1300 mm is mogelijk. Het maken van een kleine slag, tot 1000 mm, kost minder tijd dan het maken van een grote slag, 1200-1300 mm.

steltijden: in perioden

bewerking	steltijd
haken wisselen (tijdens produktie)	10
instellen 9010	3
instellen overige kleuren	5
schoonmaken cabine (tijdens produktie)	15
bars wisselen	20

produkteigenschappen: lengte, kleur.

produktietijden: Zie Instructie Ontvetten/Poederen.

9. Inpakken: krimptunnel (911), handinpakken (908), wikkelen (912)

Op twee manieren kan men tegels in folie pakken: via de krimptunnel en met de hand. De krimptunnel kan produkten van maximaal 900 mm breed en minimaal 500 mm lang verwerken, andere produkten moeten handmatig verwerkt worden. Ook lastige produkten, zoals beugels en vierkante tegels, worden met de hand ingepakt. Na het in folie inpakken worden de produkten in karton gewikkeld (behalve de microporprodukten). In totaal mag een pakket circa 20 kilo wegen.

steltijden: in perioden

$$\frac{\text{bewerking}}{\text{breedte folie veranderen}} \quad \frac{\text{steltijd}}{2}$$

produkteigenschappen: breedte.