

# Arena와 Six Sigma를 이용한 공정개선을 위한 연구 - A Study on Improvement of Production Process Using Arena and Six Sigma -

임 석 진 \*

Lim Seok Jin

박 송 이 \*

Park Song I

변 중 원 \*

Byun Jong Won

조 재 경 \*

Cho Jae Kyung

방 형 수 \*

Bang Hyung Soo

권 선 미 \*

Kwon Sun Mi

이 우 능 \*

Lee Woo Neung

## Abstract

This study deals with the improvement of production process on a flow production system with the consideration of six sigma. We analyze the production process and survey the important factors of improvement of productivity.

Using a six sigma, we find strategic point and suggest a reformation of production process. We applied a simulation technique to simulate the production line proposed by the result of the Six sigma. With the result of the simulation, this study analyzes the propriety of production line and proposes the alternatives of new production process.

**Keywords : Simulation, Six Sigma, Process Planning, Validation**

---

\* 인덕대학 산업시스템경영과

## 1. 서 론

제품시장이 다변화되고 소비자의 요구가 다양화되어짐에 따라 기업이 경쟁력을 갖추기 위해서는 이러한 변화에 능동적으로 대처하여야 한다.

요즘 중소기업 실정으로는 소비자에 다양한 요구에 제품을 개발하고 생산하여야 할 뿐만 아니라 적기에 제품을 공급하기 위해 많은 어려움이 있다. 그러므로 기업에선 현재 보유하고 있는 자원을 효과적으로 운용하여 작업효율을 높여 이에 따른 생산성을 향상시켜야 한다. 작업효율과 생산성을 향상시키긴 위해서는 작업자들이 그 공정에 대해 신뢰를 해야 한다.

이를 위해서는 현 상황에 대한 정확한 분석을 하여 좀 더 나은 공정으로 개선함으로써 작업자가 공정에 대해 만족하고 작업하기 편리한 환경을 제공하는데 의의가 있다.

본 연구는 6 sigma와 simulation기법을 중소기업, 특히 제조업에 도입함으로써, 정확하게 공정능력을 측정하고 그 한계를 파악하고자 하였다.

## 2. 대상업체 소개

본 연구의 대상인 업체는 전기 전자사업인 캐퍼시터, 전자철판 사업과 유통사업을 기반으로 하는 중소기업이다. 제품생산은 정해진 작업공정순서에 따라 연속적으로 흐르는 흐름생산방식을 취하고 있고, 대부분이 반자동화 공정이다. 월 12만개의 캐퍼시터를 생산하고 있으며, 이 캐퍼시터는 마쯔시타, LG냉동 등 다양한 업체에 납품되고 있다. 또한 현재 작업상황은 1일 8시간 400분을 기준으로 (몇)명이 각 공정별로 고정되어 작업이 수행되고 있다. 현재 운영하고 있는 공정은 다음과 같다.

재단 → 권취 → 합침 → 조립 → 에이징 → 커링 → 검사 → 슬리브 → 마킹 → 포장

## 3. 6 sigma 품질개선 프로세스

식스시그마기법은 기업경영의 혁신적 변화(Transformational change)를 추구하는 전략적 수단이며, 그 접근방법은 기업 경영의 프로세스를 대상으로 하는 운영적 변화(Operational Change)를 통하여 혁신적 성과를 조직적으로 추진하는 것이다. 혁신적 변화는 업무프로세스의 혁신을 달성하고 지속하기 위하여 조직전반에 일어나는 근본적인 변화를 전체적으로 통합하는 것을 말하며, 운영적 변화는 경영 단계별로 생산되는 서비스 및 생산제품의 산포를 줄이고 획기적인 프로세스 개선에 이용되는 방법론을 말한다.

6 sigma 기법의 목적은 생산결과의 산포도를 관리하여 생산제품 또는 서비스의 불량율을 100만분의 3.4 수준으로 낮춤으로써 고객의 품질만족도를 완벽하게 하고자 한다. 6 sigma 품질개선 프로세스는 5 단계로 나누어진다. 6 sigma 품질개선은 개선기회의 정의(Define), 성과측정 (Measure), 개선기회분석(Analyze), 개선활동(Improve), 통제(Control)로 진행된다.

### 3.1 6 sigma 적용을 위한 정의

본 연구는 불필요한 공정을 줄여, 작업자의 만족도를 향상시킴으로 인한 제품 생산 능력까지 올리자는 목표를 두고 6 sigma 품질개선 기법을 도입하고자 한다. 6 sigma 품질활동의 1단계 작업은 프로젝트의 현상을 정의하는 단계이다. 공정의 개선을 위해 CTQ(Critical To Quality, 중요품질특성)를 공정개선으로 결정하고 작업자들이 공정에 대해 개선하는 자 하는 부분이 다양하다고 판단되어 공장의 관리자, 팀원 간에 브레인스토밍을 실시하였다. CTQ인 공정개선을 세분화하여 브레인스토밍 한 결과 6가지 CTQ는 <표 1>과 같다.

<표 1> CTQ

CTQ= 공정개선을 통한 작업자의 만족	
CTQ1	자신이 일하는 파트에 대한 만족
CTQ2	기계 노후화가 공정에 미치는 영향
CTQ3	작업활동범위가 공정에 미치는 영향
CTQ4	작업현장 위생상태
CTQ5	파트별 인원 배치
CTQ6	공정 설비배치

다음으로 개선 대상 프로세스를 명확히 정의하는 단계로서 <표 2>와 같이 SIPOC Chart로 고객, 공급자, 입력과의 관계를 명료하게 정의함으로써 해야 할 일들을 보다 명확하게 파악할 수 있다.

<표 2> SIPOC Chart

S (Supplier)	I (Input)	P (Process)	O (Output)	C (Customer)
공정	공정 환경	작업파트별 작업시작 ↓ 제품생산 ↓ 작업완료	작업자의 만족	작업자

다음으로 프로젝트 추진일정을 계획, 프로젝트 기술서를 <표 3>과 같이 작성하였다.

<표 3> 계획·프로세스기술서

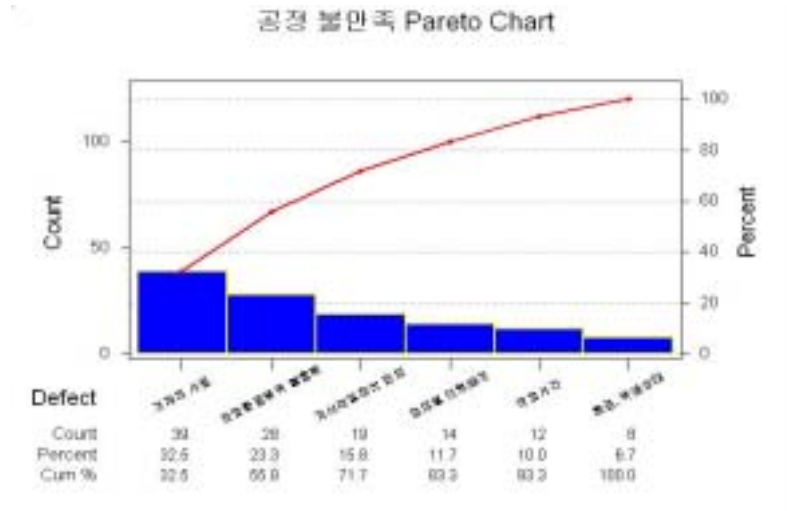
프로젝트 번호	Digital 2007	CTQ	공정개선				프로젝트 계획	시작 일	9.21
프로젝트 명	공정개선	성과 기준	설문지조사 결과 4점 이하면 결함					정의	9.21-9.27
BB	-	목 표						측정	9.27-10.11
MBB	-							분석	10.04-10.18
챔피언	-							개선	10.18-10.25
스폰서	-							관리	
팀원								완료 일	11.01
프로젝트 개요									
비즈니스 기회 /재무성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>■유형효과 : 공정의 흐름이 빨라지고 생산성향상</li> <li>■무형효과 : 직원만족도와 적극적 참여 향상으로 품질개선</li> </ul>								
문제기술									
목표기술	공정을 개선하여 직원의 참여도를 높이고 만족도를 높인다.								
프로젝트 범위	불필요한 공정과 직원 불만족을 찾아 만족할 수 있는 수준으로 끌어 올린다.								
자원/팀원	공정개선을 위해 팀원들과 서로 아레나로 평가.								
승인	BB	MBB	스폰서	챔피언					

### 3.2 6 sigma적용을 위한 측정

측정단계에서는 Define(정의)에서 파악한 공정의 문제점과 작업자의 만족도를 개선하기위해 측정을 해야 한다. 즉 현재 공정이 당면하고 있는 현재 상황을 명확히 파악하고 선정한 CTQ중 고객 만족도가 가장 낮은 CTQ를 찾기 위해 1차 설문지를 작성하였다.

이 설문지의 신뢰도는 약 75.9%로 기초연구에 적합한 것으로 나타났다. 샘플 수는 생산직45명, 관리자10명 그리고 QC부5명을 대상으로 진행하였다. 조사를 통한 시그마 수준을 계산해 본 결과, 공정에 대한 만족도는 0.83시그마 수준으로 대부분의 작업자

들과 관리자들이 공정에 대해 만족하지 않다는 것을 알 수 있었다. 또한 2번의 질문에서 작업자들이 개선이 있냐는 질문에서는 대다수의 작업자들이 개선점이 있다고 답했다.



<그림 1> 공정불만족 Pareto Chart

1차 설문조사에 대한 통계분석결과는 다음과 같다.

- 1위 기계의 사용에 대한 부분
- 2위 작업 활동 범위 불충분
- 3위 자신이 일하는 파트에 대한 불만족
- 4위 파트별 인원배치
- 5위 작업시간
- 6위 작업환경, 위생상태

### 3.3 6 sigma 적용을 위한 분석

분석단계는 측정단계에서 수집한 자료를 이용하여 가장 많은 문제점을 가진 원인들을 파악하는 단계이다. 이에 우리는 여기서 나타난 6가지 문항의 개선방법을 구체적으로 분석하기 위해 각 문항을 보다 세부적으로 측정할 2차 설문지를 실시하였다.

2차 설문조사 결과 기계의 최신설비로 교체하는 것이 가장 필요한 것으로 나타났다. 최신설비로 교체하는 것은 가격을 고려하지 않은 결과이며 만약 실현가능한 것으로는 노후화 된 부품을 교체하고 예방보전을 철저히 해야 하는 것으로 나타났다.

재공품을 줄이기 위한 방법으로는 1Lot의 개수를 줄여 작업이 완료되면 쌓아두지 않고 바로 옆으로 넘기는 방법이 가장 좋은 방법이라고 58.3%의 작업자들이 답해주었다. 기존의 방법은 1Lot, 즉 1000개가 쌓일 때 까지 대기하였는데 그로 인해 작업활동

범위가 좁아져서 일하는 데 많이 불편하다고 했었다. 또 1Lot의 개수를 500개로 줄였을 때 가장 좋을 것 같다는 결과였다.

공정인원 재배치를 해결하기 위한 방법으로는 작업자가 가장 잘할 수 있고, 자신이 일했을 때 가장 능률적이라 생각하는 파트에서 일하는 임의선택이 가장 좋은 방법이라는 결과가 도출되었다.

공정별 인원분배가 가장 원활하게 이루어지지 않는 공정으로는 슬리브공정으로 현재 3명의 작업자를 4명으로 늘리는 것이 가장 적합한 것으로 나타났다.

쉬는 시간 부족을 개선하기 위해서는 대부분의 작업자들이 현재 상태를 유지하자는 의견이 많아 개선할 필요가 없다고 답해주었다. 이러한 결과가 나온 이유는 공정에서 많은 시간을 보내는 것보다 작업을 일찍 끝내 퇴근하는 것을 원하고, 공정에 있는 시간이 늘어남에 따라 작업 활동 시간이 늘어나는 것처럼 느끼는 것으로 여겨진다.

### 3.4 6 sigma적용을 위한 개선활동

개선단계는 분석단계에서 선정된 중요 인자들을 중심으로 문제를 해결하기 위한 대책을 수립하는 것으로 최적 조건 설정이나 최적의 대안을 설정하는 단계이다. 우리는 개선 목표를 3시그마 미만이므로 90% 향상으로 목표를 정하였다. 우리는 출력변수인 작업자 만족도에 영향을 주는 잠재인자를 1차로 선정한 후 식스시그마의 여러 기법을 이용하여 2차적으로 핵심인자를 선정 했다.

본 사례에서는 우선순위 면에서 첫 번째 CTQ인 최신설비 교체와 두 번째 CTQ인 1Lot의 개수를 줄이는 것은 기업자체내에서 결정한 사항이기 때문에 현재 시행할 project에서 관리하지 못하는 CTQ이다. 그러나 작업자들이 불만을 많이 갖고 있었기 때문에 최신설비로 교체하는 것과 1Lot의 개수를 줄이는 것이 전체 작업자만족도에 영향을 미치는지를 알아보기 위해서 설문기법을 적용하여 분석하기로 결정하였다.

우선순위 첫 번째와 두 번째로 도출된 CTQ인 최신설비로 교체하는 것과 1Lot의 개수를 줄이는 것이 전체 작업자만족도에 영향을 미치는지 가설검정을 하기위하여 Brain Storming을 실시하게 되었고 다음과 같은 가설들을 이끌어 내게 되었다.

<표 4> 가설

가설 1 (X <sub>1</sub> )	최신설비로 교체를 하면 고장률이 줄어 작업만족도에 영향을 줄 것이다.
가설 2 (X <sub>2</sub> )	1Lot의 수를 500개로 줄여 작업 활동 범위가 넓어지면 작업만족도에 영향을 줄 것이다.
가설 3 (X <sub>3</sub> )	공정인원 배치 시, 작업자가 임의선택을 하게 되면 작업만족도에 영향을 줄 것이다.

위와 같이 가설을 설정한 후 다음의 내용을 가지고 3차 설문지를 만들게 되었다. 입력변수 X가 출력변수 Y(작업만족도)에 영향을 주는지 가설을 통해 매우영향 없다, 영향 없다, 영향 있다, 매우 영향 있다 로 설정하여 3차 설문지를 작성하게 되었다. 이번 3차 설문에서는 3점 이하를 결함으로 정하였다. 3차 설문결과와 공정하게 기하기 위하여 1, 2차 설문과 마찬가지로 환경에서 설문을 실시하였다. <표 4>에서 설정한 가설을 토대로 3차 설문을 실시한 결과 다음 <표 5>와 같다.

<표 5> 3차 설문조사 통계분석

	설문결과			모평균 신뢰구간(95%)	
	평균	표준편차	SE평균	하한	상한
X <sub>1</sub>	3.98	0.813	0.105	3.77	4.19
X <sub>2</sub>	3.55	0.852	0.110	3.33	3.77
X <sub>3</sub>	3.70	0.801	0.104	3.49	3.90

위의 개선된 공정에 대한 작업자의 만족도는 개선 전 보다 많이 향상되었음을 <표 6>을 보면 알 수 있다.

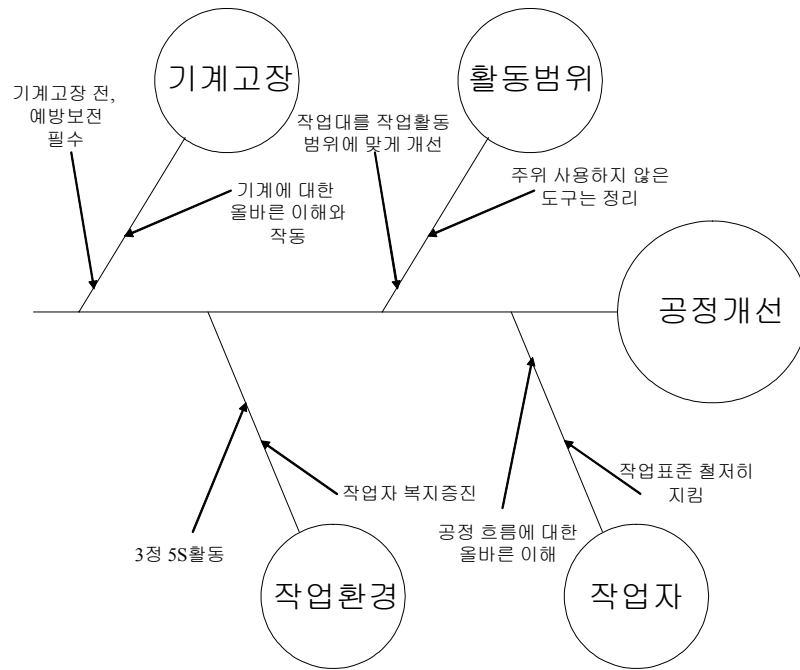
<표 6> 개선후  $\sigma$  수준

<b>DPO = 0.915</b> $Z_{lt}$ (장기 $\sigma$ 수준) = $\Phi^{-1}(0.915) = 1.37$ $Z_{st}$ (단기 $\sigma$ 수준) = $1.37 + 1.5 = 2.87$ <b>전체 <math>\sigma</math> 수준 = 2.87</b>	
1번 최신설비로 교체를 하면 고장률이 줄어 작업만족도에 영향을 줄 것이다.	<b>2.4</b> (결함 수 : 11)
2번 1Lot의 수를 500개로 줄여 작업 활동 범위가 넓어지면 작업만족도에 영향을 줄 것이다.	<b>1.98</b> (결함 수 : 19)
3번 공정인원 배치 시, 작업자가 임의선택을 하게 되면 작업만족도에 영향을 줄 것이다.	<b>2.12</b> (결함 수 : 16)
총 결함 수	<b>46</b>

개선전의 시그마 수준은 0.83 시그마 수준에서 개선 후의 전체 시그마 수준은 2.87로 무려 2시그마 수준이나 향상되었음을 알 수 있다.

본 연구에서는 또한 최신설비로 교체 하였을 경우에 얼마나 생산량이 증가하는지와 공정별 인원배치가 각 공정에서 몇 명일 때 가장 능률적인지에 의문을 품고 시뮬레이션 기법을 사용하였다.

시뮬레이션 기법을 사용하지 못한 문제점에 대해서는 팀원들 간의 브레인스토밍을 통해서 특성요인도로 표현 하여 <그림 2>에 설명하였다.



<그림 2> 특성요인도

### 3.5 6 sigma적용을 위한 관리

관리단계는 이전 단계인 개선단계에서 얻은 성과를 지속적으로 유지, 관리하기 위한 시스템을 갖추는 단계라 할 수 있다. 프로세스의 최적화를 실시한 후에 지속적으로 유지/관리하기 위하여 체계적인 관리시스템을 만들어 프로세스를 모니터링 해야 한다.

#### CONTROL 단계 전략

- ◎ 적절한 관리 기법을 이용하여 Vital Few Xs의 변동을 관리한다.
  - 실수방지법, 관리도 등



- ◎ 문서화 한다
  - 관리계획서(Control Plan) 작성
  - SOP 제 / 개정
- ◎ 프로젝트 CTQ에 대해 공정능력을 파악하여 개선 목표가 달성되었는지 평가한다.
- ◎ 개선된 프로세스의 지속적 관리를 위한 관리계획을 수립한다.

관리단계에서는 통계적 공정관리 즉, SPC기법을 사용한다. SPC는 공정에서 요구되는 품질이나 생산성 목표를 달성하기 위하여 PDCA Cycle을 적용하여 통계적 방법으로 공정을 효율적으로 운영해 나가는 방법이다.

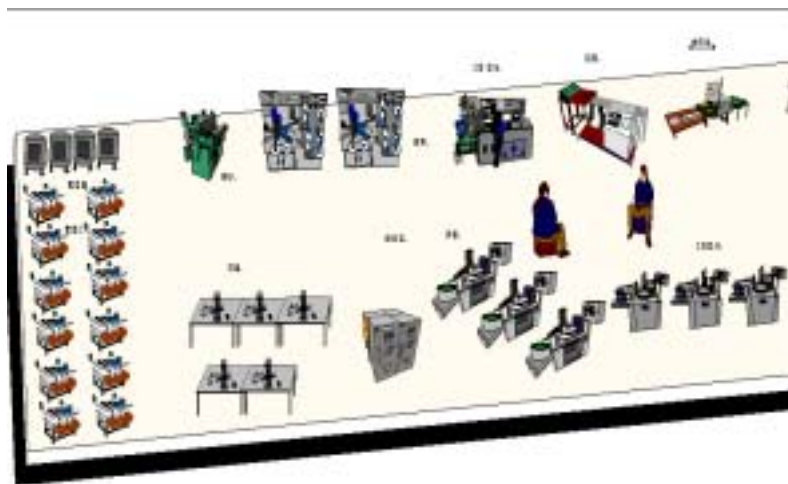
S (Statistical): 통계적 자료와 분석기법의 도움 받음

P (Process): 프로세스의 변동을 주는 원인과 프로세스의 능력상태를 파악

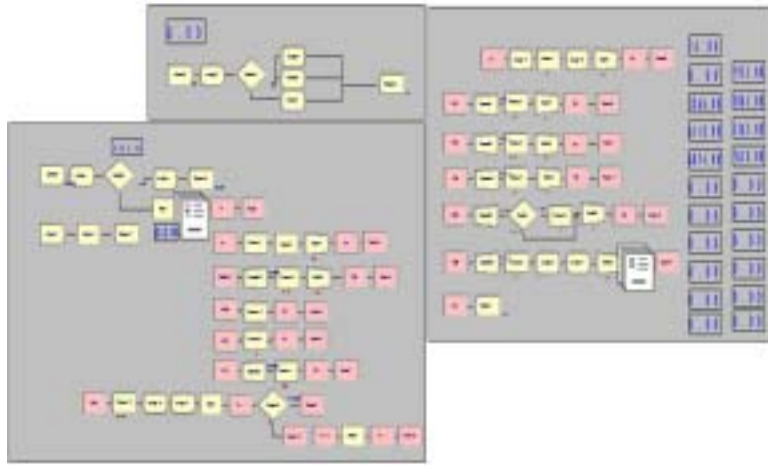
C (Control): 주어진 프로세스 목표가 달성될 수 있도록 PDCA cycle을 적용하여 지속적인 프로세스 개선이 이루어 지도록 관리하는 활동이다.

#### 4. 시뮬레이션 프로세스

시뮬레이션은 현존하지 않거나 또는 비용 등의 문제로 인해 실제로 구현하기 어렵고 직접적으로 실험이 불가능한 복잡한 시스템에 대해 미리 모형을 세우고 이를 실험하여 결과를 예측 할 수 있게 해준다. 또한 장시간에 걸친 시스템의 운영 상태 등의 결과를 알 수 있으며 시스템에 대해 목적에 따라 실험조건을 변화시켜 이에 따른 각각의 결과를 비교 분석 할 수 있어 시스템을 분석하는 도구로 많이 사용되고 있다. <그림 3>과 <그림 4>는 시뮬레이션 프로세스를 위한 Arena를 이용한 공정 애니메이션과 모델을 나타낸 것이다.



<그림 3> 공정애니메이션



<그림 4> 공정모델링

시뮬레이션 프로세스를 수행한 결과 슬리브의 인원배치, (커링기계)평균 12.4초의 기계를 평균 10.8초의 최신설비로 교체한 결과이다. 하루 생산량 개수가 약 2000개 증가했음을 알 수 있다. 이를 결과는 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 공정모델링

## 5. 결 론

중소기업 실정으로는 소비자에 다양한 요구에 제품을 개발하고 생산하여야 할 뿐 아니라 적기에 제품을 공급하기 위해서는 현 상황에 대한 정확한 분석을 통하여 현재 보유하고 있는 생산설비와 작업자를 최대한 효율적으로 활용해야 한다. 그러기 위해서는 작업자의 수준향상을 높이고, 만족도를 높여 참여도를 증대시켜야 한다.

본 연구는 참여도를 증대시키기 방안을 6 sigma를 통하여 분석하였으며 이에 따른 작업만족에 대한 시그마수준은 0.83에서 2.87로 작업만족수준이 높아졌음을 알 수 있다. 또한 개선된 사항을 평가하기 위하여 시뮬레이션을 통하여 실제 생산라인을 모델링하여 평가하여 생산량을 증가시키는 결과를 확인하였다.

중소기업에서는 본 연구를 바탕으로 생산성 향상을 위한 과학적이며 실제적인 대안을 평가하고 공정을 재설계하는 데 적용하면 많은 효과가 있을 것으로 기대한다.

## 6. 참 고 문 헌

- [1] 문일경, 윤원영, 조규갑, 최원준, "Arena를 이용한 시뮬레이션", 교보문고, 2002.
- [2] 조규갑, 김갑환, 이영해, 윤원영,, "생산시스템 시뮬레이션", 창현출판사, 1994.
- [3] 임석진, "흐름생산방식에서의 라인균형을 통한 생산성향상", 고려대학교 석사학위논문, 고려대학교, 1997. 8.