

T

TOTAL

Q

QUALITY

M

MANAGEMENT



# *Διοίκηση Ολικής Ποιότητας*

*Δρ. Ευστάθιος Δημητριάδης*

*Ph.D in Business Statistics*

*M.Sc in Quality Assurance*

*BSc in Applied Mathematics*

# Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας

## Statistical Quality Control

### S.Q.C

**Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας** είναι η εφαρμογή στατιστικών μεθόδων για την μέτρηση και την βελτίωση της ποιότητας των *διεργασιών*.

Ο έλεγχος περιλαμβάνει:

- ✓ Διαγράμματα Στατιστικού Ελέγχου Διεργασίας
- ✓ Διαγνωστικά Εργαλεία
- ✓ Δειγματοληπτικά Σχέδια και
- ✓ Άλλες Στατιστικές Τεχνικές.

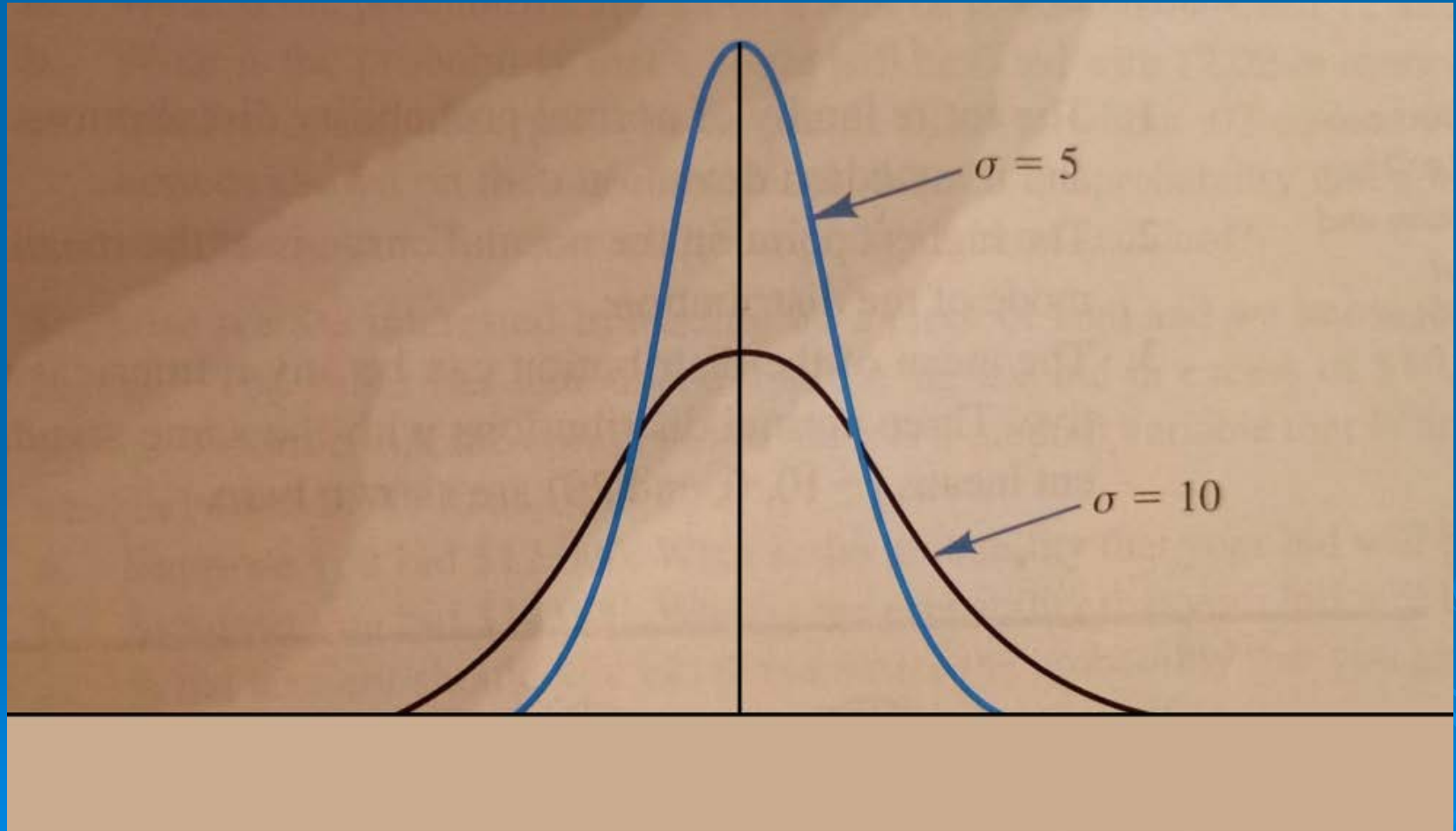
**Διεργασία** είναι ένα σύνολο καταστάσεων και συνθηκών λειτουργίας οι οποίες συνδυάζονται με σκοπό να μετασχηματίσουν ένα εισερχόμενο σε χρήσιμο εξερχόμενο.

!!! Σε κάθε Διεργασία ένα μετρήσιμο εξερχόμενο παρουσιάζει πάντοτε κάποια **μεταβλητότητα** (κοινών και/ή ειδικών αιτίων) μικρού ή μεγάλου βαθμού.

**Μέτρο Μεταβλητότητας** είναι το τετράγωνο της τυπικής απόκλισης του χαρακτηριστικού της διεργασίας που παρατηρούμε ( $\sigma^2$ ).

*!!!! Μετράει στην ουσία το «άπλωμα» μιας κατανομής*

Η τυπική απόκλιση καθορίζει το πλάτος της καμπύλης. Οι μεγαλύτερες τιμές της τυπικής απόκλισης έχουν ως αποτέλεσμα ευρύτερες, πιο επίπεδες καμπύλες



# Αιτίες Μεταβλητότητας Διεργασίας

- **Συνήθη ή Κοινά ή Τυχαία Αίτια:** Επιδράσεις των παραγόντων που επηρεάζουν τη διεργασία κατά ένα τυχαίο τρόπο που δεν είναι δυνατόν να ελεγχθεί. Η μεταβλητότητα αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί ως αναπόφευκτη
- Κάθε κοινό αίτιο προκαλεί ελάχιστη μεταβλητότητα, αλλά ενεργώντας όλα μαζί τα αίτια έχουν αξιόλογη επίδραση
- Παράδειγμα 1: Αποκλίσεις από τη μέση τιμή των μετρήσεων των διαστάσεων που έχουν παραγόμενοι άξονες, ενώ κατασκευάζονται υπό ταυτόσημες συνθήκες.
- Αίτια: Φυσιολογικές αποκλίσεις των σωστά συντηρημένων μηχανών, καλουπιών, εξαρτημάτων, μετρικών συσκευών.

- Παράδειγμα 2: Μικρές διακυμάνσεις στον χρόνο άφιξης πλοίου από την Θάσο στο λιμάνι της Καβάλας
- Αιτία: Μικρές διακυμάνσεις στην ώρα αναχώρησης, στην ποιότητα του πετρελαίου, στο φορτίο του πλοίου, στις καιρικές συνθήκες.
  
- Παράδειγμα 3: Διαφορά βαθμολόγησης γραπτού συγκεκριμένου μαθητή από καλά προετοιμασμένους βαθμολογητές.
- Αιτία: Στοιχεία υποκειμενικότητας, διαφορά στην αυτοσυγκέντρωση, κόπωση.

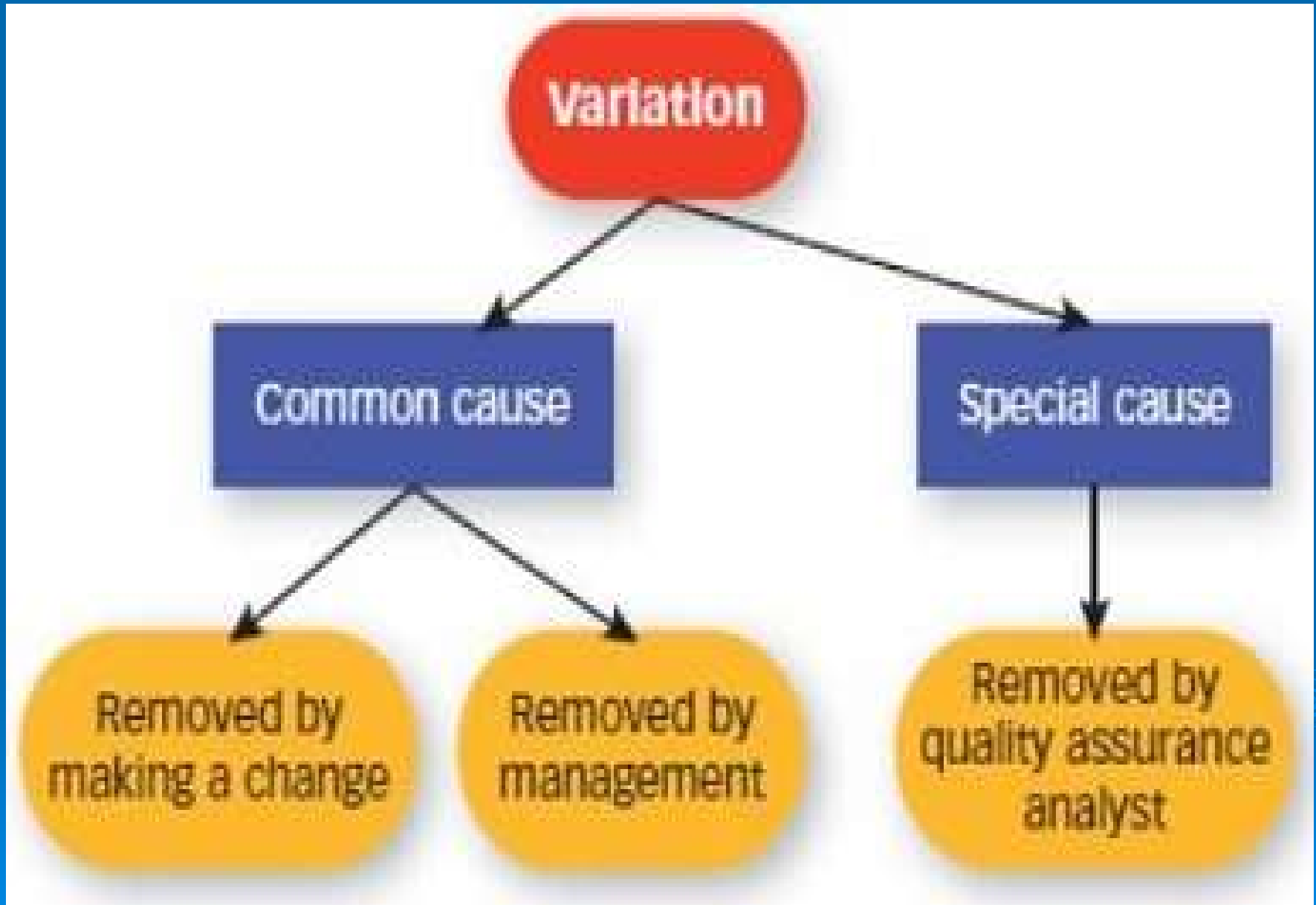


## ➤ **Ειδικά ή Ασυνήθη ή Προσδιορίσιμα αίτια:**

Επιδράσεις που οφείλονται σε συγκεκριμένες, αναγνωρίσιμες και προσδιορίσιμες αιτίες. Οι επιδράσεις αυτές δεν είναι τυχαίες, είναι δυνατόν να προσδιοριστούν και να ελεγχθούν.

➤ Είναι αίτια υπεύθυνα για σημαντικές σχετικά αλλαγές στη διεργασία. Σχετίζονται με βλάβες, αστάθειες ή απρόβλεπτους, ασυνεπείς, απρόσμενους, ασυνήθεις, διαφορετικούς, σημαντικούς παράγοντες.

➤ Παράδειγμα : Η απορύθμιση μηχανών, η υπερβολική φθορά καλουπιών, η χρήση ακατάλληλων υλικών, οι ανεκπαίδευτοι χειριστές, η απρόσμενη πτώση τάσεως, η κόπωση, ο καύσωνας.



# Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας Statistical Process Control – S.P.C

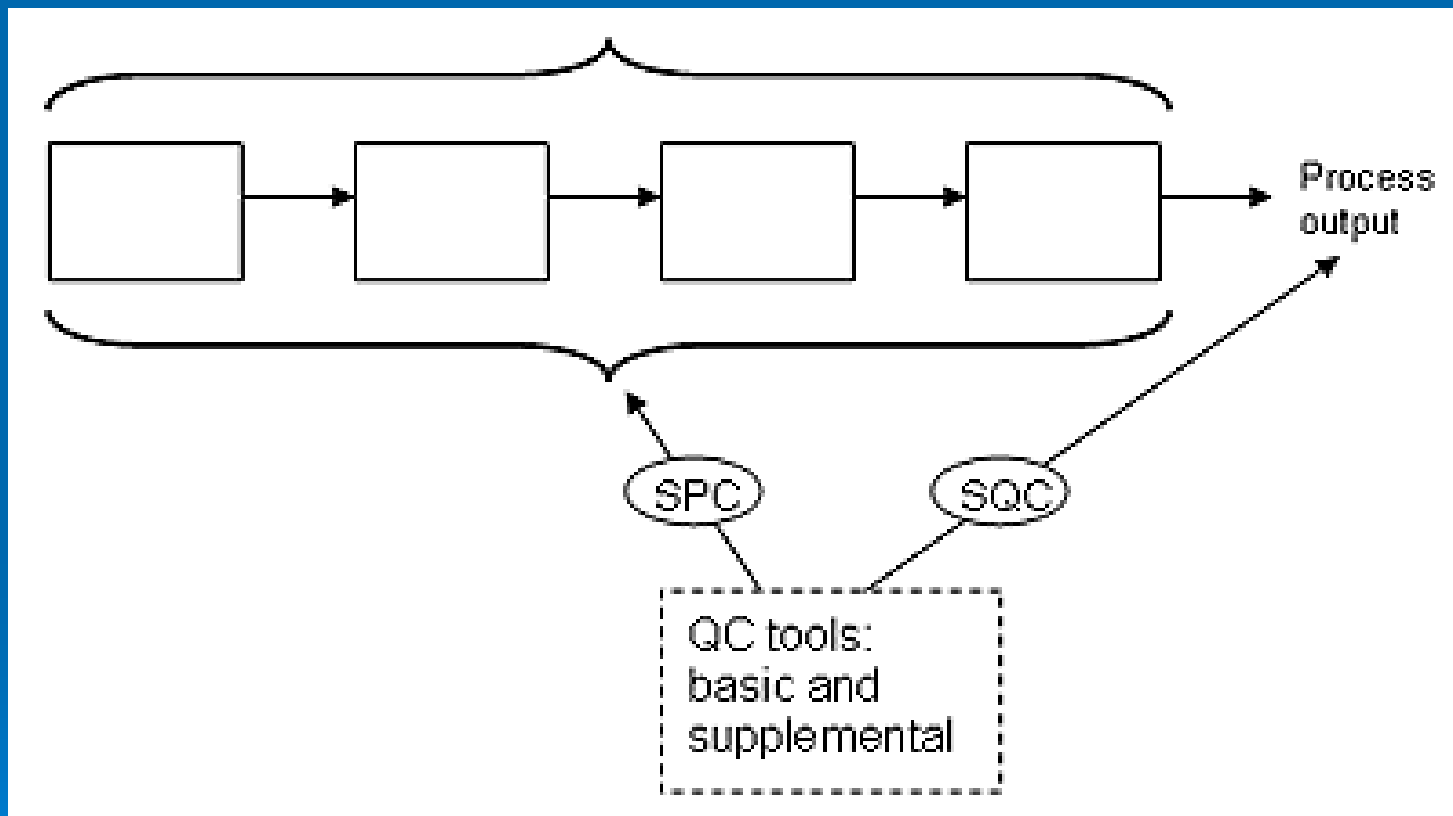
Η εφαρμογή στατιστικών μεθόδων για την μέτρηση και την ανάλυση της μεταβλητότητας στις τιμές χαρακτηριστικών της διεργασίας.

## Στόχος του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασίας

Ο στόχος του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασίας είναι η ανεύρεση και η εξάλειψη των Ειδικών Αιτίων σε μια Διεργασία.

Η ανεύρεση και η απομάκρυνση των Ειδικών Αιτίων από τη Διεργασία οδηγεί σε μείωση της μεταβλητότητας στις τιμές των χαρακτηριστικών της Διεργασίας και κατ' επέκταση στην καλύτερη ποιότητα και οικονομία.

# Η Σχέση μεταξύ Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας και Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών



# Στοιχεία του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασίας:

1. Ο έλεγχος για το εάν η διεργασία παραμένει στον στόχο της (συνήθως αναφερόμαστε στη μέση τιμή και στο εύρος των μετρήσιμων χαρακτηριστικών της διεργασίας)
2. Η εξακρίβωση της Ικανότητας της Διεργασίας, δηλαδή ενός μέτρου της μεταβλητότητας της διεργασίας, όταν αυτή λειτουργεί δίχως να επηρεάζεται από ειδικά αίτια.
3. Η αλλαγή ή κατάργηση της διεργασίας μετά από τακτικές ανασκοπήσεις, σε κάποια μελλοντική στιγμή.

# Ικανότητα Διεργασίας

Η σχέση ανάμεσα σε μια διεργασία και τις απαιτήσεις του πελάτη

Πόσο καλά η διαδικασία ικανοποιεί τον πελάτη;

**Ικανότητα Διεργασίας = 6σ**

Το εύρος της έχει οριστεί αυθαίρετα 6 φορές

η τυπική απόκλιση και έχει νόημα μόνον όταν

η διαδικασία ευρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο.

*!!! Όσο μεγαλύτερη Ι.Δ τόσο χειρότερη η Διεργασία*

# Απόδοση Διεργασίας

$$\text{Απόδοση Διεργασίας} = \frac{\text{Ποσότητα εκτός Προδιαγραφών}}{\text{Παραχθείσα Ποσότητα}}$$

*!!!! Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της **ικανότητας διεργασίας** τόσο μικρότερη είναι η **απόδοση της διεργασίας** επειδή η κατανομή «απλώνεται» περισσότερο μέσα στις προδιαγραφές.*

Μια διεργασία βρίσκεται **υπό στατιστικό έλεγχο ή είναι ελεγχόμενη (in statistical control)** όταν κατά την πραγματοποίησή της είναι παρόντα μόνο τυχαία αίτια.

Μια διεργασία βρίσκεται **εκτός στατιστικού ελέγχου ή είναι μη ελεγχόμενη (out of statistical control)** όταν κατά την πραγματοποίησή της είναι παρόντα και μη τυχαία αίτια (ειδικά).



# Μέτρα Δυνατότητας της Διεργασίας

- $C_p$  = Δυνατότητα Διεργασίας
- $C_{pk}$  = Δείκτης Τρέχουσας Επίδοσης Διεργασίας
- Ποσοστό Ελαττωματικών και Πλήθος Ελαττωματικών ανά εκατομμύριο
- Sigma Level    Η ποιότητα Six Sigma απαιτεί δείκτη  $C_p = 2$

## ➤ Όρια Προδιαγραφών (Specification Limits)

Εκφράζουν τις απαιτήσεις του πελάτη και χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν εάν το προϊόν θα λειτουργήσει με τον τρόπο που προορίζονται.

Δεν παρουσιάζονται στα Διαγράμματα Ελέγχου

Lower Specification Limit (L.S.L)

Upper Specification Limit (U.S.L)

## ➤ Όρια Ελέγχου (Control Limits)

Τα όρια ελέγχου χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν εάν η διαδικασία βρίσκεται σε κατάσταση στατιστικού ελέγχου.

Τα όρια ελέγχου προέρχονται από τη φυσική μεταβλητότητα της διαδικασίας, ή τα φυσικά όρια ανοχής μιας διαδικασίας

Lower Control Limit (L.C.L)

Upper Control Limit (U.C.L)

*!!!! Δεν υπάρχει μαθηματική ή στατιστική σχέση μεταξύ των ορίων ελέγχου και των ορίων προδιαγραφών.*

# Δυνατότητα Διεργασίας

## Process Capability Ratio

$$C_p = \frac{U.S.L - L.S.L}{6\sigma}$$

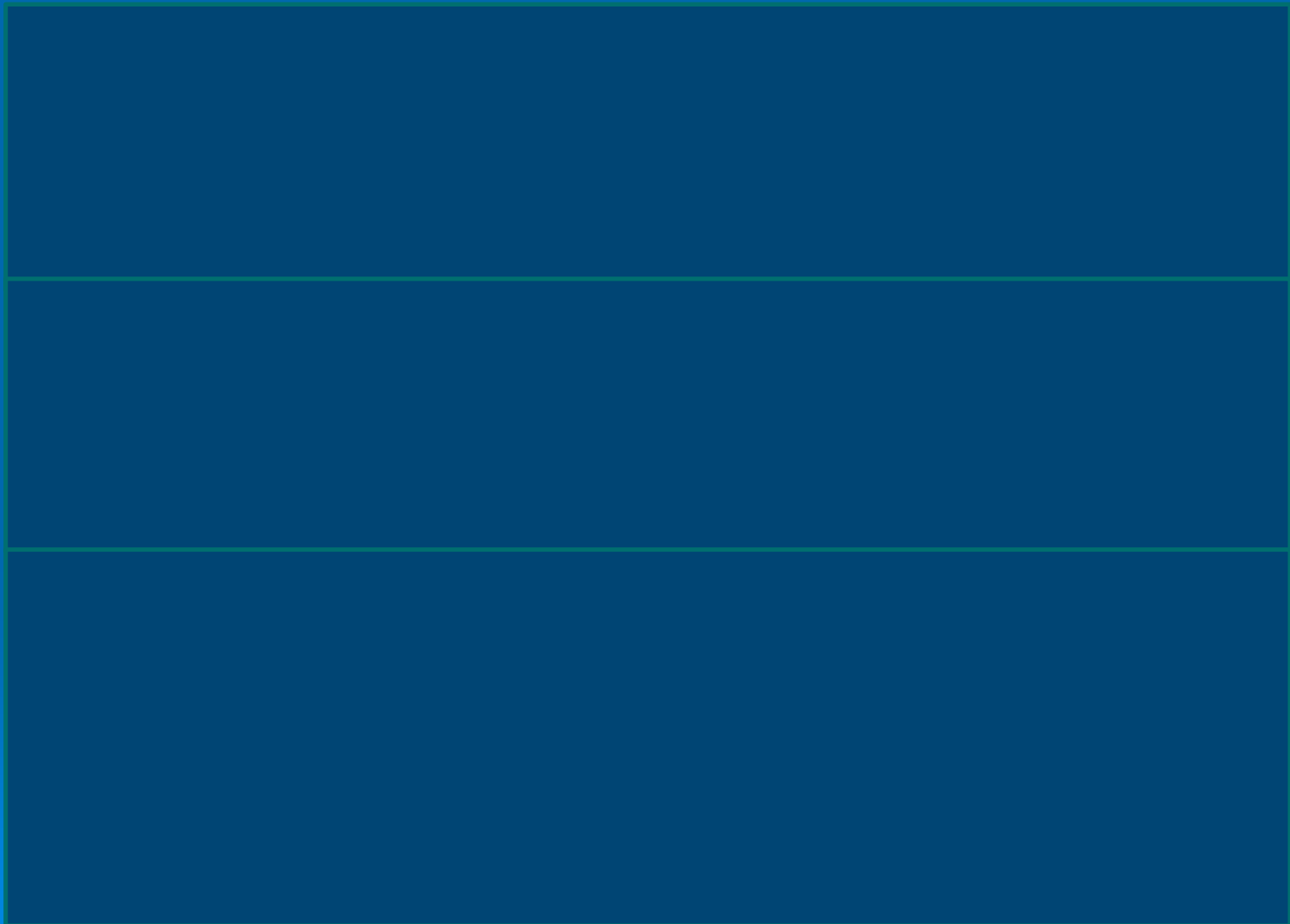
- ◆ Ο δείκτης  $C_p$  περιγράφει πόσο ικανή είναι η διαδικασία αν αυτή είναι κεντραρισμένη μεταξύ των ορίων προδιαγραφών.
- ◆ Μια ικανή διαδικασία πρέπει να έχει δείκτη  $C_p$  τουλάχιστον 1.0
- ◆ Δεν εξετάζει πόσο καλά η διαδικασία είναι κεντραρισμένη στο εύρος προδιαγραφών
- ◆ Συχνά μια τιμή-στόχος  $C_p=1,33$  χρησιμοποιείται για να επιτρέψει διαδικασίες εκτός κέντρου
- ◆ Η ποιότητα Six Sigma απαιτεί τιμή  $C_p = 2.0$

# Κατάσταση Ποιότητας και Cp Τιμές

Ποιότητα	Cp Τιμές
Εξαιρετικά καλή	$Cp \geq 2$
Καλή	$1,67 \leq Cp < 2$
Ικανοποιητική	$1,33 \leq Cp < 1,67$
Ικανή	$1,00 \leq Cp < 1,33$
Ανεπαρκής	$0,67 \leq Cp < 1,00$
Φτωχή	$Cp < 0,67$

Source: Kaya & Kahraman (2010)

# Επεξήγηση της έννοιας του δείκτη Cp



Μια διαδικασία μπορεί να έχει ένα Cr που υπερβαίνει το ένα αλλά εξακολουθεί να μην ανταποκρίνεται με συνέπεια στις προσδοκίες των πελατών, όπως φαίνεται από το παρακάτω παράδειγμα:



# Δείκτης Τρέχουσας Επίδοσης Διεργασίας Process Capability Index

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{U.S.L - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - L.S.L}{3\sigma} \right\}$$

- ◆ Μία ικανή διεργασία πρέπει να έχει δείκτη  $C_{pk}$  τουλάχιστον 1.0
- ◆ Μια ικανή διαδικασία δεν είναι απαραίτητα στο κέντρο των προδιαγραφών αλλά εμπίπτει μεταξύ των ορίων των προδιαγραφών.

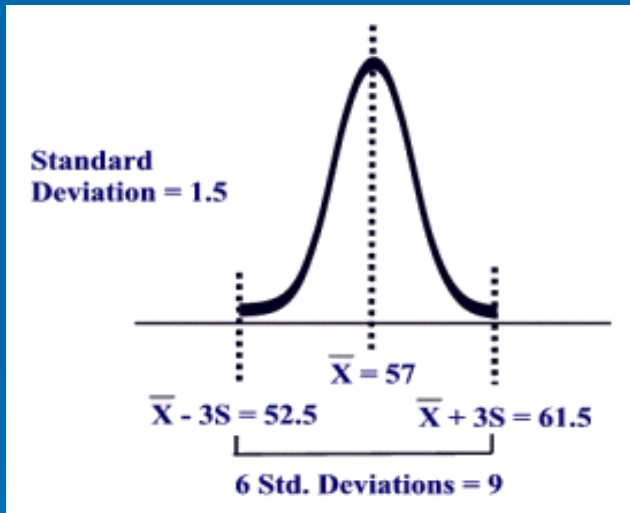
$$C_p \geq C_{pk}$$



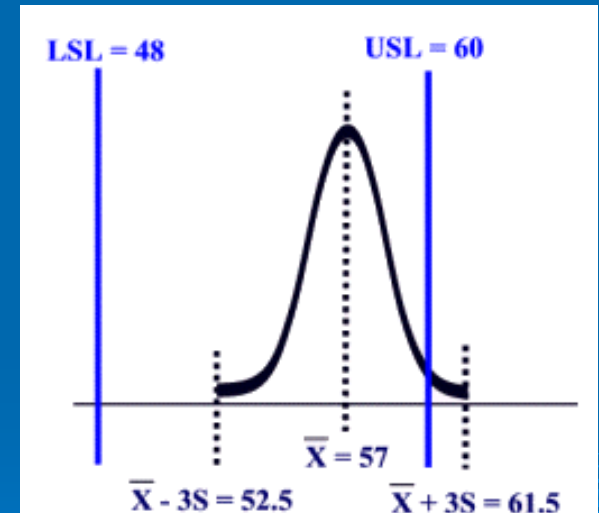
## Παράδειγμα με υποθετικά δεδομένα.

Σε μια διαδικασία με μέση τιμή=57 και τυπική απόκλιση=1,5 τα όρια προδιαγραφών είναι: L.S.L=48 and U.S.L=60. Η ανοχή είναι  $U.S.L-L.S.L=60-48=12$ . Σε μια 6-sigma διαδικασία τα όρια είναι:  $57-3*1,5=52,5$  and  $57+3*1,5=61,5$ . Το εύρος είναι:  $61,5-52,5=9$ .

$$C_p = \frac{60 - 48}{6 * 1,5} = 1,33$$



$C_{pk}$ : η ελάχιστη τιμή  $(57-48)/4,5=2$  και  $(60-57)/4,5=0,67$ . Έτσι  $C_{pk}$  είναι 0.67, δείχνοντας ότι ένα μικρό ποσοστό της διαδικασίας είναι ελαττωματικό.



Αυτό το ποσοστό είναι:  $P(x) > 60 = 1 - P(X \leq 60) = 1 - P(Z \leq 2) = 1 - (0,5 + 0,4772) = 0,0228$

Χωρίς να μειωθεί η μεταβλητότητα, ο δείκτης  $C_{pk}$  μπορεί να βελτιωθεί έως την τιμή 1,33 κεντράροντας τη διαδικασία.

# Παράδειγμα: Carruccino

- Φανταστείτε ότι μια επιχείρηση παροχής υπηρεσιών εστίασης franchise έχει προσδιορίσει ότι ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό της ποιότητας του παγκοσμίου φήμης καπουτσίνο της είναι το ποσοστό του γάλακτος στον καπουτσίνο, για τον οποίο έχουν συσταθεί στα όρια των προδιαγραφών του 54% και 64%.
- Η επιχείρηση έχει αγοράσει ένα ειδικά σχεδιασμένο, πλήρως αυτόματο μηχάνημα καπουτσίνο και το έχει εγκαταστήσει σε όλα τα franchise.
- Πάρθηκε ένα δείγμα 100 καπουτσίνο τα οποία ετοιμάστηκαν στο κατάστημά τους στην Αθήνα και διαπίστωσαν ότι η αναλογία γάλακτος στο καπουτσίνο είναι 61% και η τυπική απόκλιση 3%.

# Παράδειγμα: Carruccino

- Υποθέτοντας ότι η διαδικασία είναι υπό έλεγχο και η κατανομή είναι κανονική, ποιο ποσοστό καπουτσίνο στο κατάστημα των Αθηνών δεν συμμορφώνεται ως προς το ποσοστό του γάλακτος;
- Προσπαθήστε να υπολογίσετε τα  $C_p$ ,  $C_{PK}$ , και τα μη συμμορφωμένα ανά εκατομμύριο σε αυτή τη διαδικασία διαδικασία.
- Αν ήσασταν ο διευθυντής ποιοτικού ελέγχου για την εν λόγω εταιρεία, τι θα λέγατε στον διευθυντή του καταστήματος ή στον ιδιοκτήτη της εταιρείας; Ποιες πιθανές δράσεις μπορούν να λάβουν χώρα στο συγκεκριμένο κατάστημα, χωρίς να αλλάζει η εγγενής μεταβλητότητα αυτής της διαδικασίας, για να μειωθεί το ποσοστό των μη συμμορφούμενων καπουτσίνο;

# Ανάλυση Παραδείγματος

**Δεδομένα:** Όρια προδιαγραφών L.S.L=0,54 U.S.L=0,64

**Υπολογίστηκαν από το δείγμα των 100 καπουτσίνο:**  $\mu = 0,61$  και  $\sigma = 0,03$

**Ζητάμε:** Το ποσοστό των μη συμμορφούμενων, δηλαδή  $P(X < 0,54) + P(X > 0,64)$

Από τον μετασχηματισμό της Κανονικής Κατανομής σε Τυπική Κανονική με τον τύπο:

$$Z = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

Έχουμε:

$$Z_1 = (0.54 - 0.61) / 0.03 = -2.33$$

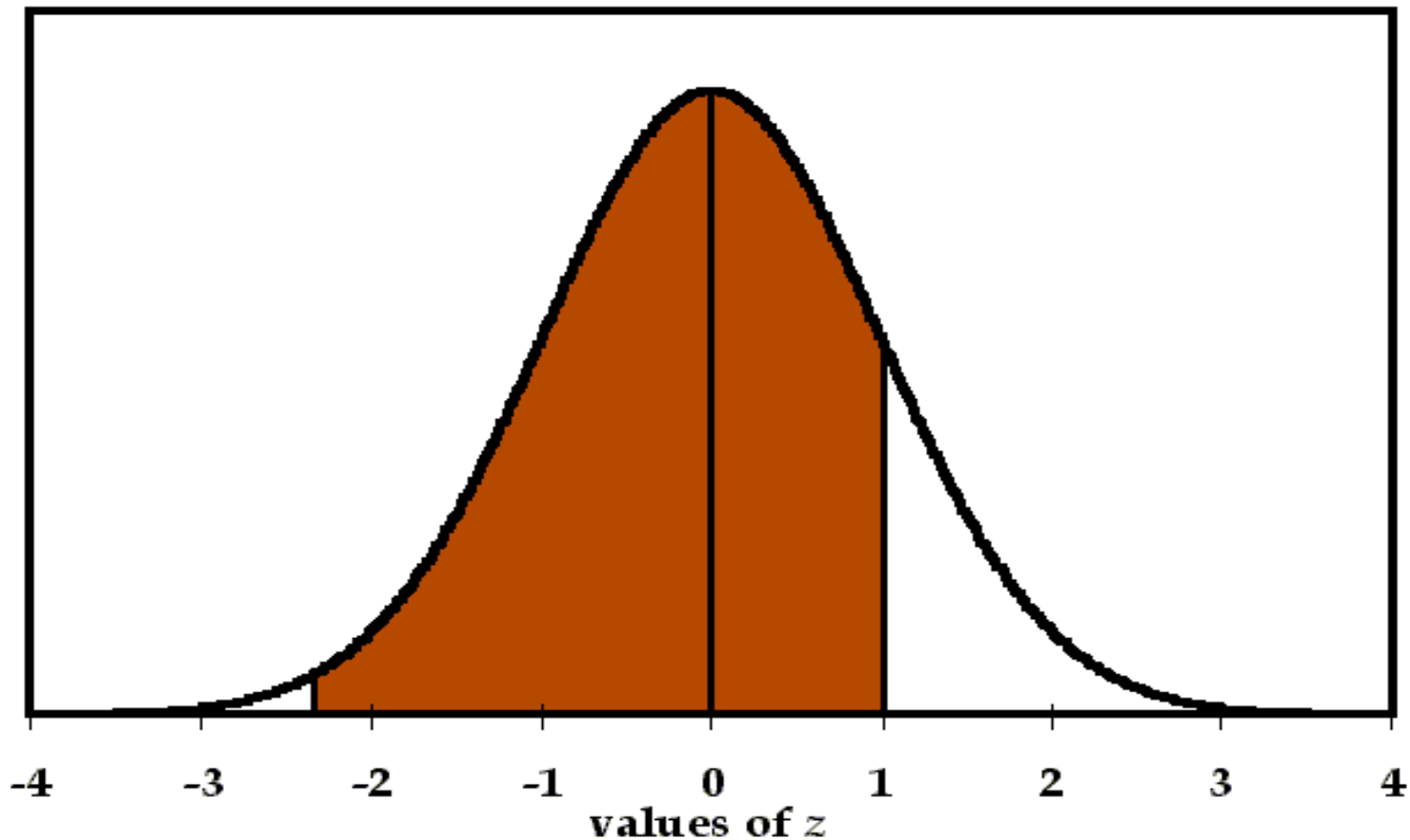
$$Z_2 = (0.64 - 0.61) / 0.03 = 1.00$$

$$P(X < 0,54) + P(X > 0,64) = P(X < 0,54) + 1 - P(X \leq 0,64) =$$

$$= P(Z < -2,33) + 1 - P(Z \leq 1) = \Phi(-2,33) + 1 - \Phi(1) =$$

$$= 1 - \Phi(2,33) + 1 - \Phi(1) = 1 - 0,9901 + 1 - 0,8413 = 0,16856 = 16,856\% \text{ μη}$$

συμμορφούμενοι καπουτσίνο.



## $C_p$ Ratio

$$C_p = \frac{U.S.L - L.S.L}{6\sigma} = \frac{0.64 - 0.54}{6(0.03)} = \frac{0.10}{0.18} = 0.555$$

## $C_{pk}$ Ratio

$$C_{pk} = \min\left(\frac{U.S.L - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - L.S.L}{3\sigma}\right)$$

$$= \min\left(\frac{0.64 - 0.61}{3(0.03)}, \frac{0.61 - 0.54}{3(0.03)}\right)$$

$$= \min(0.333, 0.777)$$

$$= 0.333$$

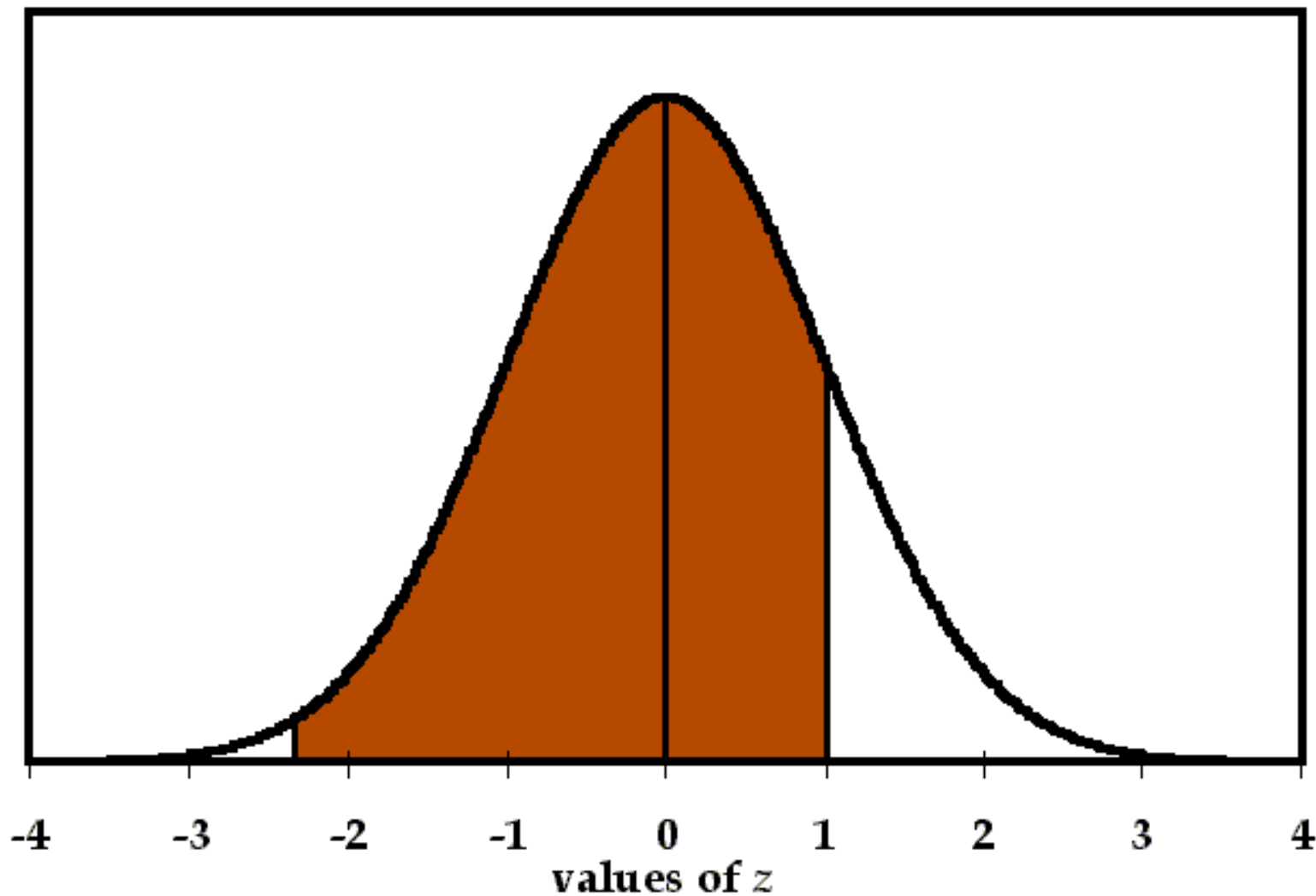
**Ελαττωματικά ανά εκατομμύριο:  $0,16856 * 1.000.000 = 168.560$**

# Βελτίωση Ποιότητας

## ➤ Δύο Προσεγγίσεις:

- Κεντράρισε την Διεργασία μεταξύ των ορίων προδιαγραφών
- Μείωσε την μεταβλητότητα

# 1<sup>η</sup> Προσέγγιση: Κεντράρισμα της Διαδικασίας



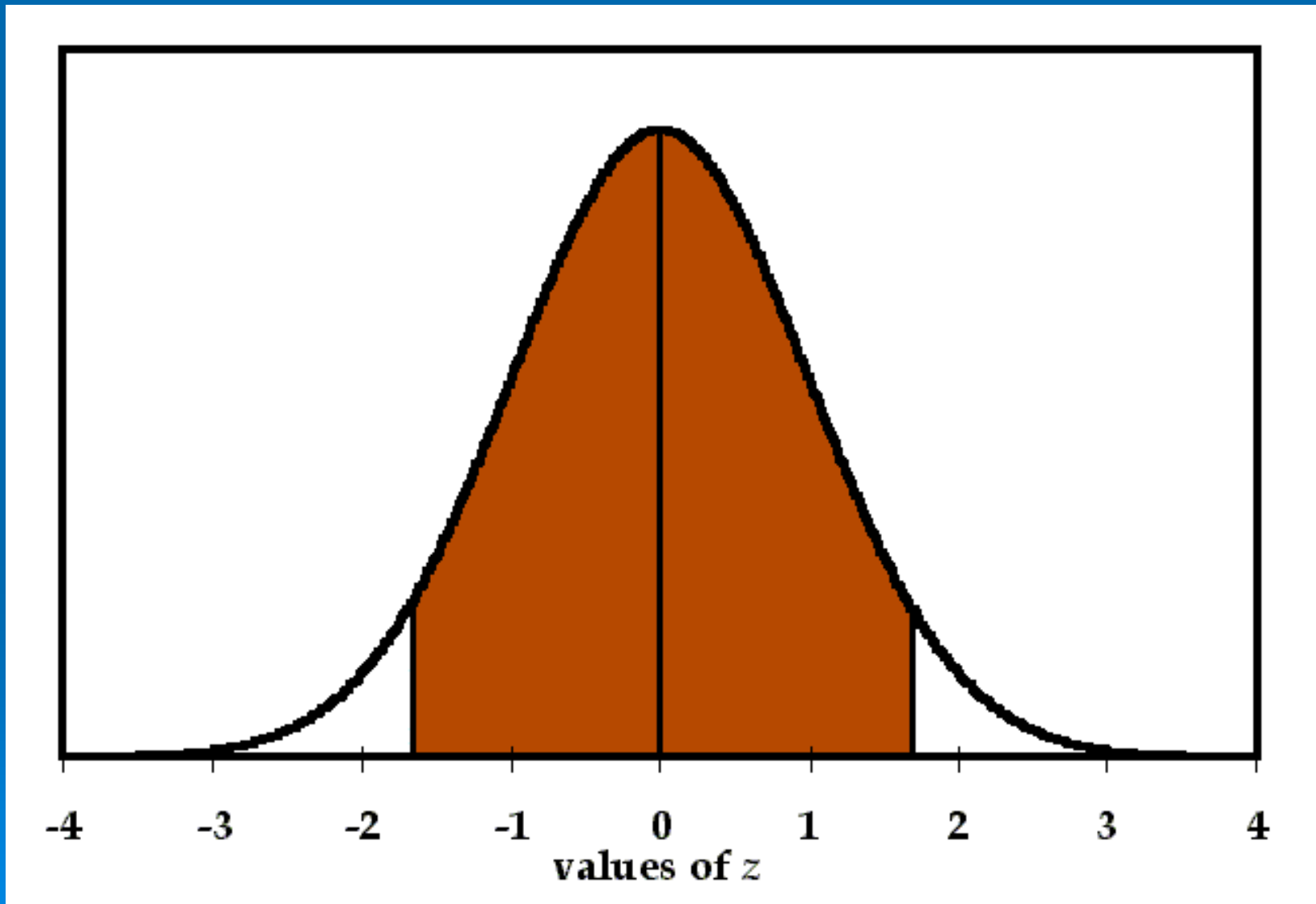


# 1<sup>η</sup> Προσέγγιση: Κεντράρισμα της Διαδικασίας

$$Z_1 = (.54 - .59) / .03 = -1.67$$

$$Z_2 = (.64 - .59) / .03 = 1.67$$

# 1<sup>η</sup> Προσέγγιση: Κεντράρισμα της Διαδικασίας



# 1<sup>η</sup> Προσέγγιση: Κεντράρισμα της Διαδικασίας

- Το 4,75% των καπουτσίνο θα βρίσκονται κάτω από το κατώτερο όριο προδιαγραφών
- Το 95,25% των καπουτσίνο θα βρίσκονται κάτω από το ανώτερο όριο προδιαγραφών
- Το  $95,25\% - 4,75\% = 90,5\%$  των καπουτσίνο θα συμμορφώνονται
- Μη συμμορφούμενα:  
 $1,0 - 0,905 = 0,095$  (9,5%)

# 1<sup>η</sup> Προσέγγιση: Κεντράρισμα της Διαδικασίας

- Οι μη συμμορφούμενοι μειώθηκαν από 16,9% σε 9,5%.
- Η μεταβλητότητα της διεργασίας δεν άλλαξε

## 2<sup>η</sup> Προσέγγιση: Μείωση της Μεταβλητότητας

- Ο μοναδικός τρόπος για την μείωση των μη συμμορφούμενων κάτω από 9,5%.
- Απαιτεί διευθυντικές παρεμβάσεις

# Six Sigma - Έξι σίγμα (6σ)

Η **Six Sigma** είναι μια από τις πιο σύγχρονες μεθοδολογίες βελτίωσης των διαδικασιών. Εισάγει ένα σύνολο προτύπων που πρέπει να ακολουθούν οι οργανισμοί, με απώτερο στόχο τον περιορισμό των λειτουργικών προβλημάτων και συνεπώς την εξάλειψη σφαλμάτων, ελαττωμάτων και σπατάλης.

Η **Six Sigma** είναι μια μέθοδος που προσφέρει στους οργανισμούς εργαλεία για να βελτιώσουν τις δυνατότητές τους στη διαχείριση των επιχειρήσεων τους. Αυτή η αύξηση στην απόδοση και η μείωση της διακύμανσης της διαδικασίας, είναι δυνατό να μειώσει τα ποσοστά ελαττωμάτων, να βελτιώσει το ηθικό των εργαζομένων και να βελτιώσει την ποιότητα των προϊόντων ή των υπηρεσιών, τα οποία όλα συμβάλλουν σε υψηλότερο επίπεδο κερδοφορίας.

Η **Six Sigma** είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιεί στατιστικά στοιχεία και ανάλυση δεδομένων για την ανάλυση και τη μείωση σφαλμάτων ή ελαττωμάτων. Σε αυτή τη διαδικασία, ο σκοπός είναι να βελτιωθούν διαδικασίες, μειώνοντας τα κατασκευαστικά ελαττώματα σε όχι περισσότερα από 3,4 ελαττώματα ανά εκατομμύριο μονάδες ή συμβάντα.

# Six Sigma

- $\sigma$  είναι το σύμβολο της τυπικής απόκλισης
- Τυπική Απόκλιση είναι το μέτρο της Διασποράς ή της Μεταβλητότητας
- Μια διαδικασία κατά την οποία τα όρια των προδιαγραφών είναι έξι τυπικές αποκλίσεις πάνω και κάτω από τον μέσο της διαδικασίας

# Six Sigma

- Το επίπεδο “Sigma” μιας Διεργασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκφράσει την ικανότητά της- πόσο καλά αποδίδει σε σχέση με τις απαιτήσεις του πελάτη.
- Ποσοστό Ελαττωματικών,  $C_p$ ,  $C_{pk}$ , Πλήθος Ελαττωματικών ανά εκατομμύριο



# Six Sigma

- Η συγκεκριμένη τιμή των 6 Sigma είναι το σημείο αναφοράς της άριστης διεργασίας.
- Υιοθετήθηκε από κορυφαίους οργανισμούς ως στόχος για την ικανότητα της διεργασίας. (Motorola, Wipro, Microsoft, General Electric)

Η **Six Sigma** συγκεντρώνει πολλά εργαλεία και μεθόδους που στοχεύουν στη βελτίωση των επιχειρηματικών διαδικασιών. Είναι μια από τις κορυφαίες μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται από κορυφαίους οργανισμούς για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών. Εκτός από την ανάπτυξη ενός περιβάλλοντος συνεχούς βελτίωσης διαδικασιών, η Six Sigma, , προσφέρει επιπλέον λύσεις που μειώνουν τη διακύμανση, εξαλείφουν ελαττώματα και βοηθούν τους οργανισμούς να εντοπίσουν τις υποκείμενες αιτίες σφαλμάτων, που οδηγούν στη δημιουργία βελτιωμένων προϊόντων και υπηρεσιών που ενισχύουν τις εμπειρίες των πελατών.

Αν και περιορίζεται σε μεγάλες εταιρείες, η διαδικασία έξι σίγμα, αυτές τις μέρες, υιοθετείται επίσης όλο και περισσότερο από τις μικρές επιχειρήσεις για την αύξηση των εσόδων και τη μείωση του κόστους μέσω της ακριβούς πρόβλεψης των προκλήσεων ποιότητας σε διαδικασίες, προϊόντα ή υπηρεσίες. Τα βήματα της διαδικασίας έξι σίγμα, εάν εφαρμοστούν σωστά, μπορούν να επιτρέψουν τόσο στις μεγάλες όσο και στις μικρές εταιρείες να προβλέψουν και να μειώσουν την πιθανότητα αποκλίσεων στις επιχειρηματικές διαδικασίες, βελτιώνοντας τα πρότυπα ποιότητας.

# Οι φάσεις της διαδικασίας Six Sigma (DMAIC)

1. Φάση Ορισμού (Define Phase)
2. Φάση Μέτρησης (Measure Phase)
3. Φάση Ανάλυσης (Analyze Phase)
4. Φάση Βελτίωσης (Improvement Phase)
5. Φάση Έλεγχου (Control Phase)



# 1. Φάση Ορισμού (Define Phase)

Το στάδιο «Ορισμός» επιδιώκει να προσδιορίσει όλες τις σχετικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την ανάλυση ενός έργου, ενός προβλήματος ή μιας διαδικασίας σε απτούς, εφαρμόσιμους όρους. Δίνει έμφαση στις συγκεκριμένες, θεμελιώδεις βελτιώσεις της διαδικασίας σε πραγματικές, μετρήσιμες και προσδιορίσιμες πληροφορίες παρά σε αφηρημένους στόχους.

## 2. Φάση Μέτρησης (Measure Phase)

Στη φάση «Μέτρηση», οι οργανισμοί αξιολογούν πού βρίσκονται οι τρέχουσες δυνατότητες της διαδικασίας. Ενώ κατανοούν ότι πρέπει να κάνουν βελτιώσεις και έχουν καταγράψει αυτές τις βελτιώσεις συγκεκριμένα στη φάση Ορισμός, δεν μπορούν να κάνουν μικροαλλαγές και να προσαρμόσουν τις αλλαγές έως ότου αποκτήσουν μια γραμμή βάσης που να υποστηρίζεται από δεδομένα. Με άλλα λόγια, η φάση της Μέτρησης ξεκινά με δύο δραστηριότητες:

1. Μετρήστε την τρέχουσα διαδικασία ή δραστηριότητα.
2. Χρησιμοποιήστε αυτά τα τρέχοντα σύνολα δεδομένων για να δημιουργήσετε μια βασική γραμμή ικανότητας διαδικασίας, με την οποία θα συγκριθούν τα δεδομένα βελτίωσης της διαδικασίας.

### 3. Φάση Ανάλυσης (Analyze Phase)

Η φάση «Ανάλυση» εξετάζει τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια του σταδίου Μέτρησης για να απομονώσει τις ακριβείς βασικές αιτίες των αναποτελεσματικών, ελαττωμάτων και αποκλίσεων της διαδικασίας. Εν ολίγοις, εξάγει νόημα από τα δεδομένα σας. Οι πληροφορίες που προέκυψαν από την Ανάλυση αρχίζουν να δημιουργούν τις απτές βελτιώσεις της διαδικασίας για να εφαρμόσει η ομάδα ή ο οργανισμός σας.

## 4. Φάση Βελτίωσης (Improvement Phase)

Η "Βελτίωση" ξεκινά επίσημα σχέδια δράσης που προορίζονται για την επίλυση των βασικών προβλημάτων που προκύπτουν από τις αναλύσεις σας. Οι οργανισμοί αντιμετωπίζουν άμεσα αυτά που έχουν αναγνωρίσει ως βασικές αιτίες του προβλήματος, αναπτύσσοντας συνήθως ένα σχέδιο Σχεδίασης Πειράματος για να απομονώσουν διαφορετικές μεταβλητές και συν-παράγοντες μέχρι να βρεθεί το πραγματικό εμπόδιο.

## 5. Φάση Έλεγχου (Control Phase)

Στην τελική φάση, "Έλεγχος", οι ομάδες Six Sigma δημιουργούν ένα σχέδιο ελέγχου και αναπτύσσουν τη νέα τυποποιημένη διαδικασία σας. Το σχέδιο ελέγχου περιγράφει βελτιωμένες καθημερινές ροές εργασίας, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα κρίσιμες μεταβλητές επιχειρηματικής διαδικασίας να τηρούν τις αποδεκτές αποκλίσεις στον ποιοτικό έλεγχο.



# Ποια είναι τα οφέλη της διαδικασίας Six Sigma;

1. Ενισχυμένη παραγωγικότητα
2. Αυξημένη απόδοση
3. Βελτιωμένη Ποιότητα
4. Μειωμένα περιστατικά ελέγχου ζημιών
5. Λιγότερο λειτουργικό κόστος

# Normal Curve Probabilities

$\pm 1$ Sigma	68.3% of Data
$\pm 2$ Sigmas	95.4%
$\pm 3$ Sigmas	99.73%
$\pm 4$ Sigmas	99.994%
$\pm 5$ Sigmas	99.99994%
$\pm 6$ Sigmas	99.9999998%

# Διεργασία Κεντραρισμένη μεταξύ των Ορίων των Προδιαγραφών

<u>Sigma Level</u>	<u>C<sub>p</sub></u>	<u>C<sub>pk</sub></u>	<u>PPM</u>
1	0.333	0.333	317,310
2	0.667	0.667	45,500
3	1.000	1.000	2,700
4	1.333	1.333	63.4
5	1.667	1.667	0.57
6	2.000	2.000	0.002

# Διεργασία Μετατοπισμένη κατά 1,5 τυπικές αποκλίσεις

Sigma Level	$C_p$	$C_{pk}$	PPM
1	0.333	-0.167	697,672
2	0.667	0.167	308,770
3	1.000	0.500	66,810
4	1.333	0.833	6,210
5	1.667	1.167	232.7
6	2.000	1.500	3.4

## Από πού προέρχεται ο όρος 3.4 PPM;

- Το Six Sigma ορίζεται ως ισοδύναμο με 3,4 ελαττωματικά προϊόντα/ υπηρεσίες ανά εκατομμύριο
- Ο ορισμός Six Sigma των 3,4 ελαττωματικών κομματιών ανά εκατομμύριο περικλείει το «χειρότερο» σενάριο της μετατόπισης της διεργασίας κατά 1,5 τυπικές αποκλίσεις.

- Υποτίθεται ότι υπάρχει μεγάλη πιθανότητα μια τέτοια μετατόπιση να μπορούσε να ανιχνευθεί με μεθόδους SPC.
- Ο Juran λέει ότι από μια Six Sigma διεργασία αναμένεται να προκύψουν μόνο 0,002 ελαττωματικά ανά εκατομμύριο.

# Six Sigma

## Δύο Προσεγγίσεις:

- Μετακίνηση των ορίων προδιαγραφών σε μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους
- Μείωση της τυπικής απόκλισης

# Προσέγγιση #1

Ζητήστε από τον πελάτη να μετακινήσει τα όρια προδιαγραφών σε μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους.



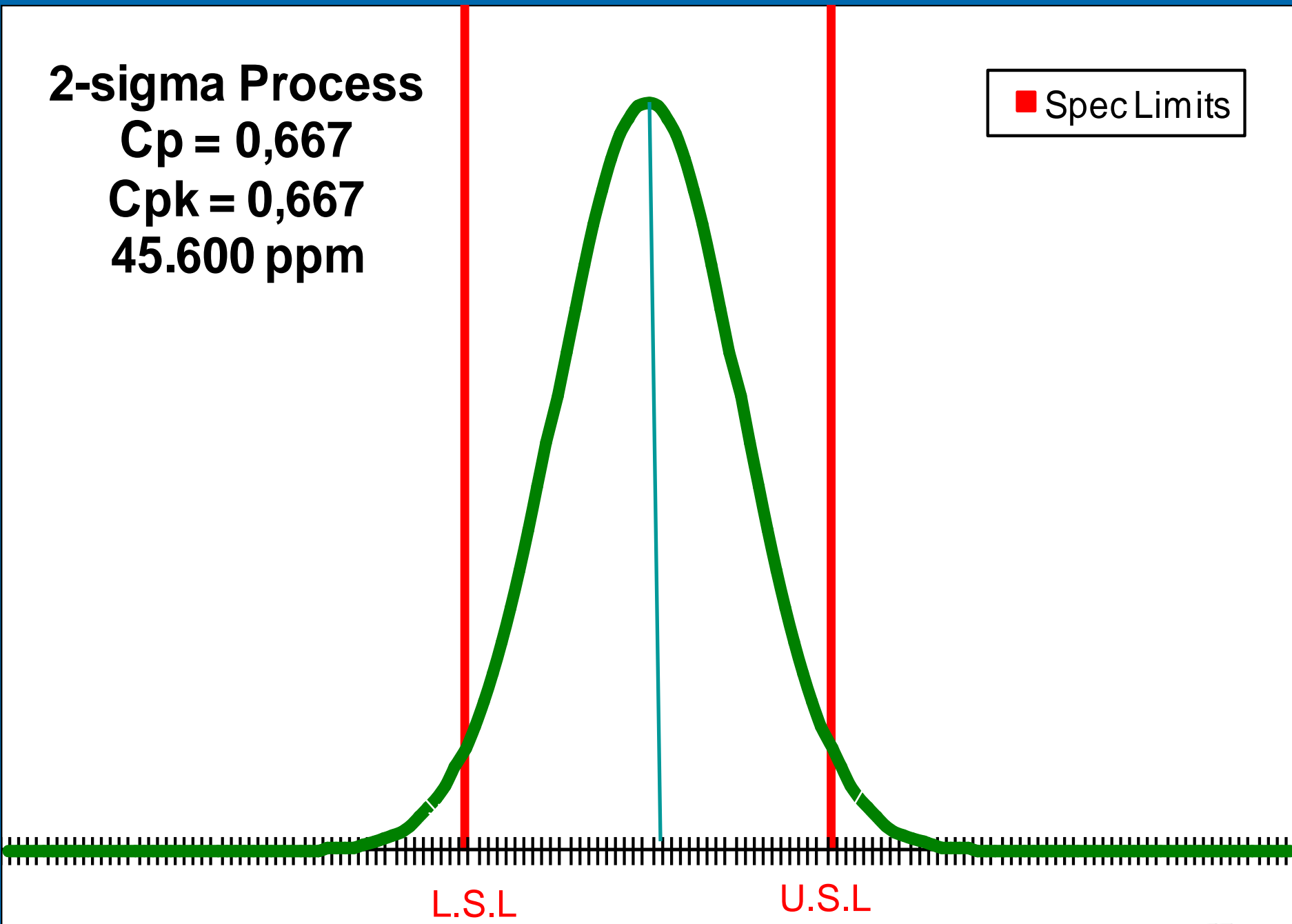
# 2-sigma Process

$C_p = 0,667$

$C_{pk} = 0,667$

45.600 ppm

■ Spec Limits



L.S.L.

U.S.L.

$$U.S.L = \mu + 2\sigma \quad L.S.L = \mu - 2\sigma$$

$$C_p = \frac{U.S.L - L.S.L}{6\sigma} = \frac{\mu + 2\sigma - (\mu - 2\sigma)}{6\sigma} = \frac{4\sigma}{6\sigma} = \frac{2}{3} = 0,667$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{U.S.L - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - L.S.L}{3\sigma} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{\mu + 2\sigma - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - (\mu - 2\sigma)}{3\sigma} \right\} = \min \left\{ \frac{2}{3}, \frac{2}{3} \right\} = \frac{2}{3} = 0,667$$

$$P(X < L.S.L) + P(X > U.S.L) = P(X < \mu - 2\sigma) + P(X > \mu + 2\sigma)$$

$$Z = \frac{\mu + 2\sigma - \mu}{\sigma} = 2 \quad Z = \frac{\mu - 2\sigma - \mu}{\sigma} = -2$$

$$P(X < \mu - 2\sigma) + P(X > \mu + 2\sigma) = P(Z < -2) + P(Z > 2) =$$

$$= 1 - P(Z < 2) + 1 - P(Z < 2) = 2 - 2P(Z < 2) = 2 - 2 * 0,9772 = 0,0456$$

$$1.000.000 * 0,0456 = 45.600$$

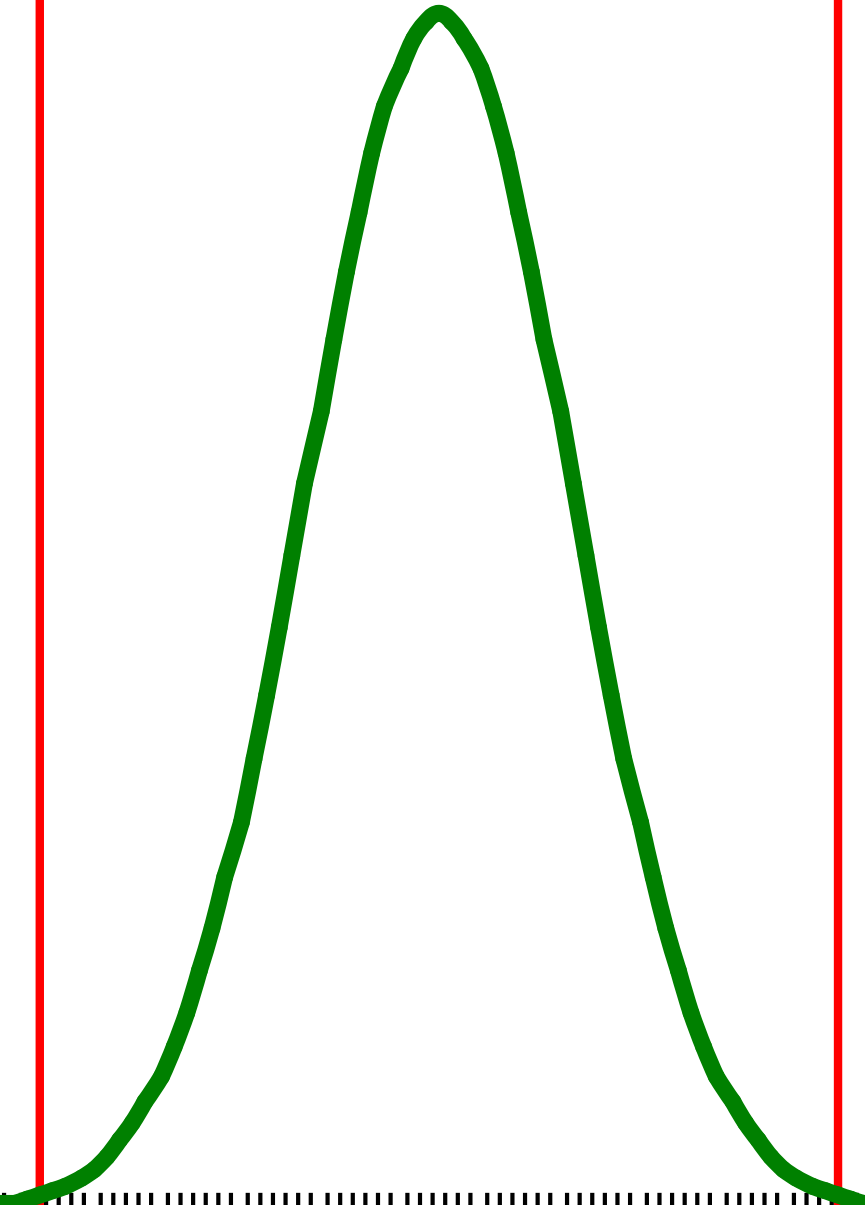
# 3-sigma Process

$C_p = 1,0$

$C_{pk} = 1,0$

2.600 ppm

■ Spec Limits



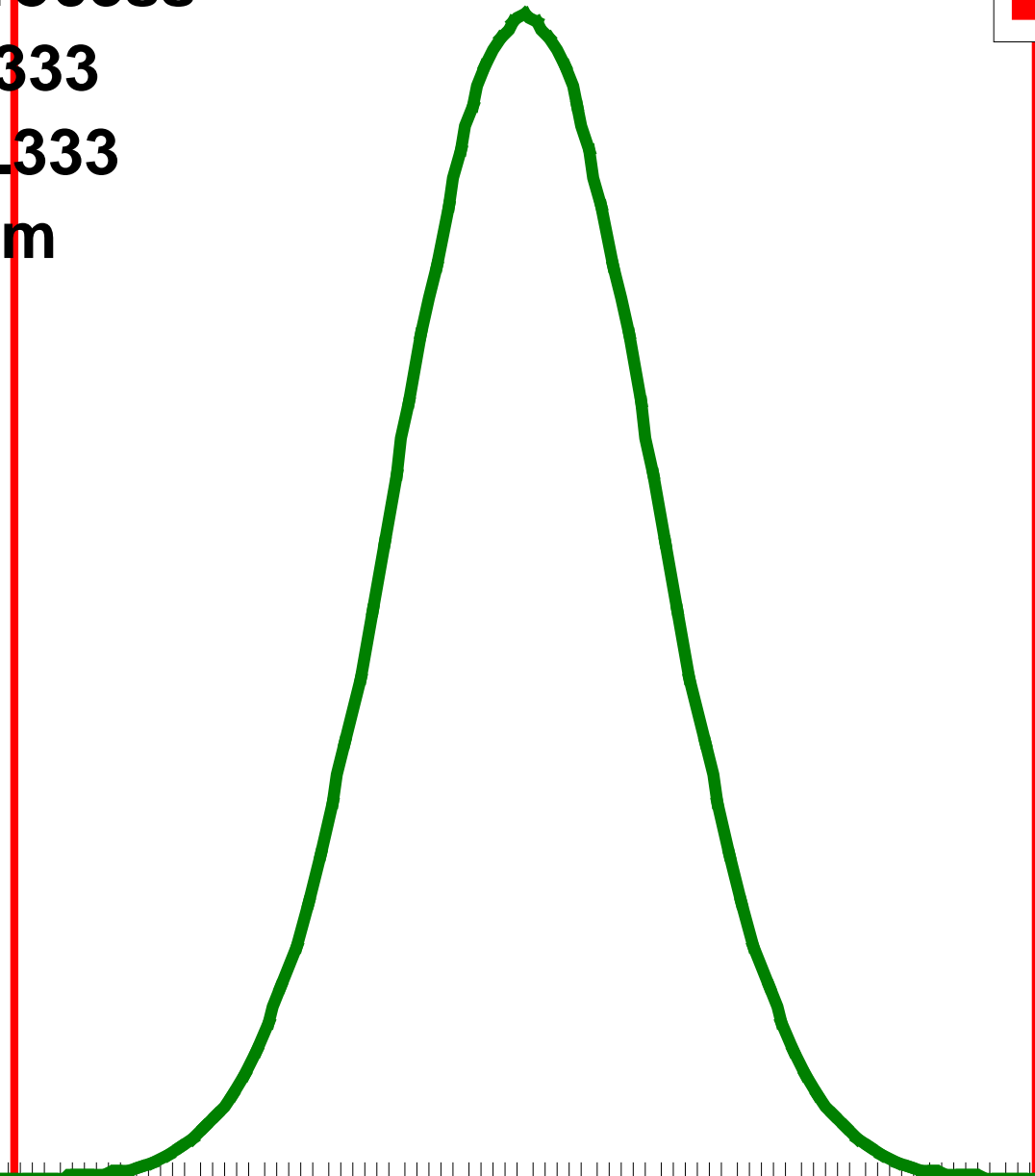
# 4-sigma Process

$C_p = 1.333$

$C_{pk} = 1.333$

63 ppm

■ Spec Limits



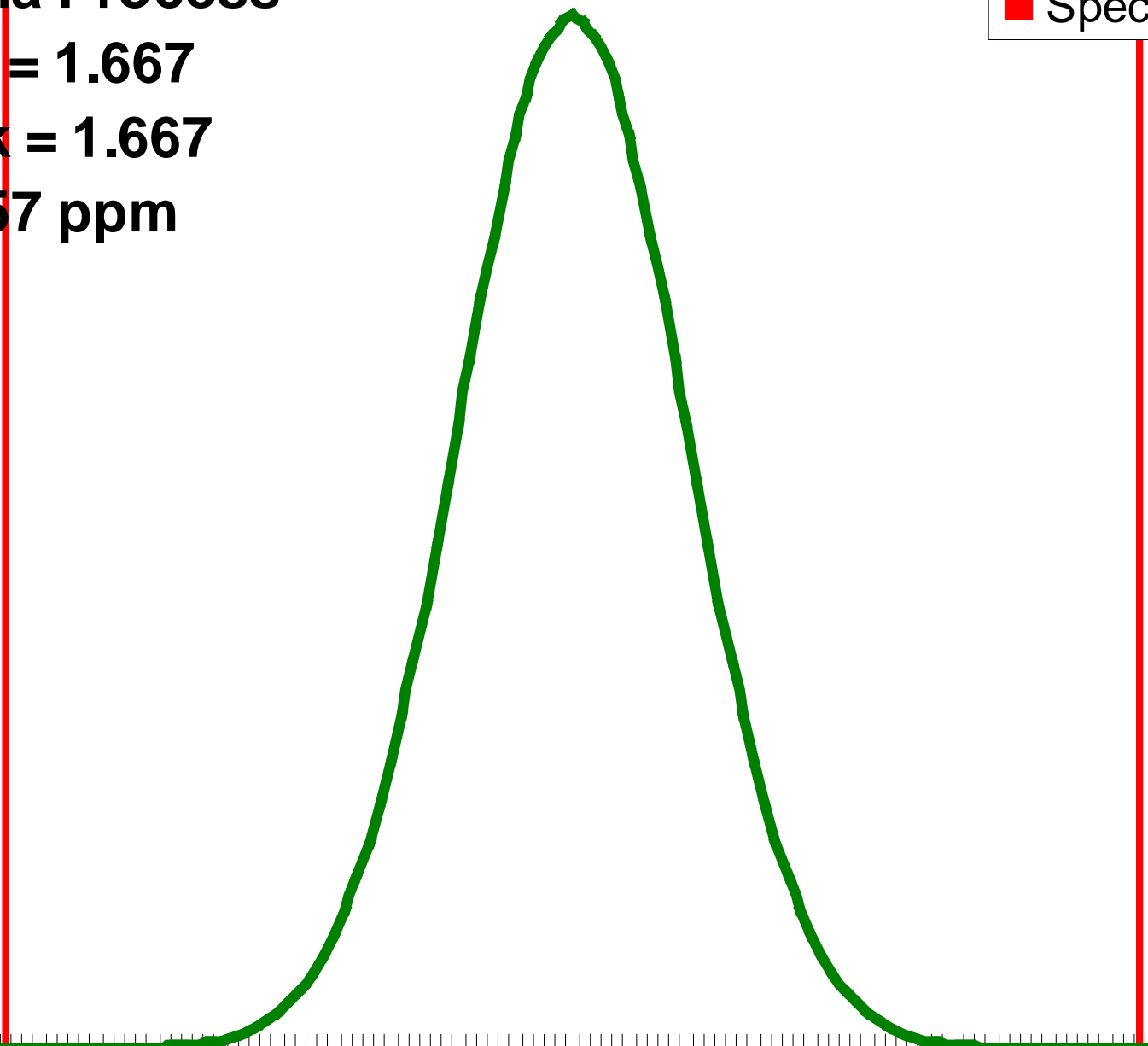
# 5-sigma Process

$C_p = 1.667$

$C_{pk} = 1.667$

0.57 ppm

■ Spec Limits



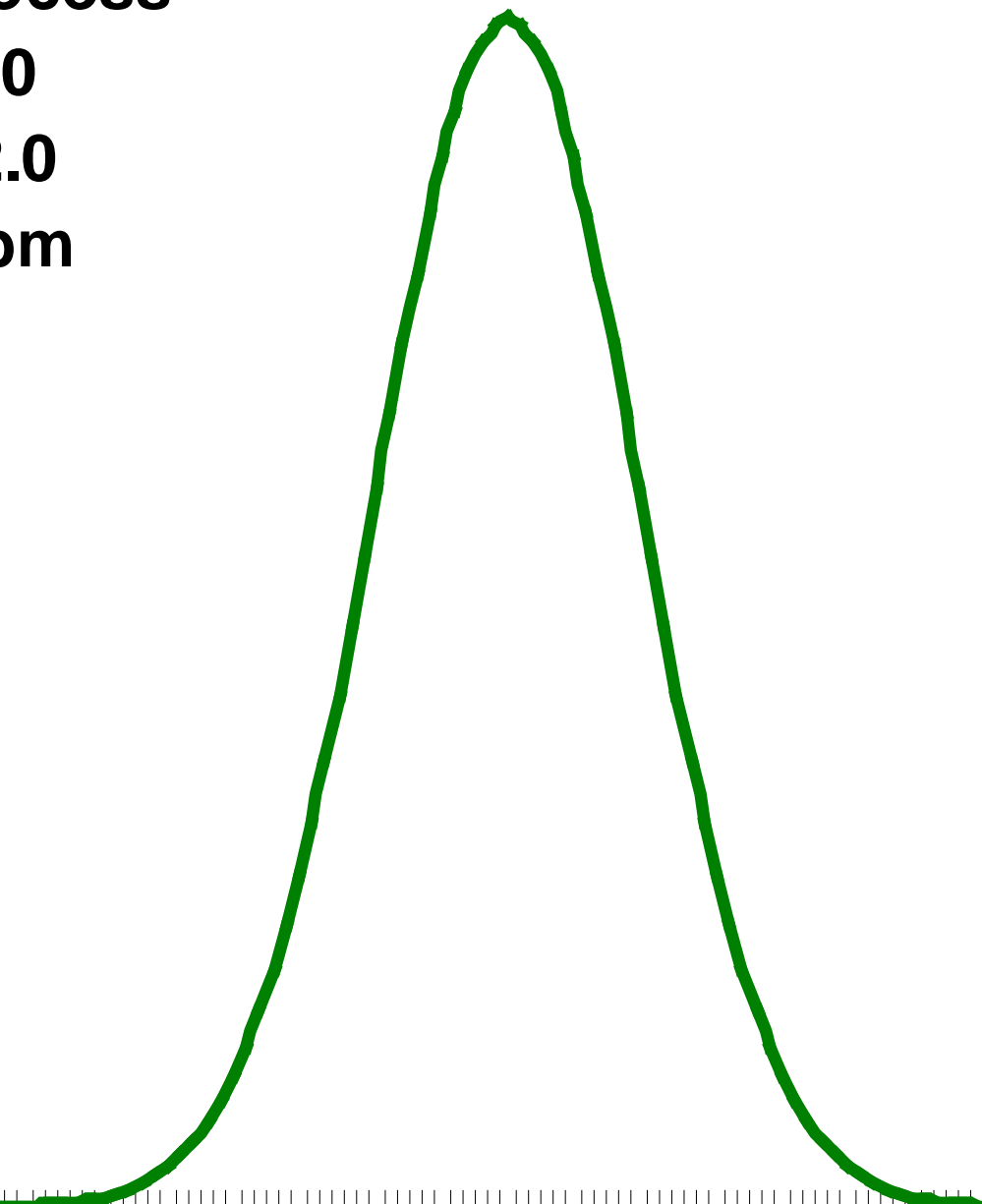
# 6-sigma Process

$C_p = 2.0$

$C_{pk} = 2.0$

0.002 ppm

■ Spec Limits



# Προσέγγιση #2

Μείωση της τυπικής απόκλισης

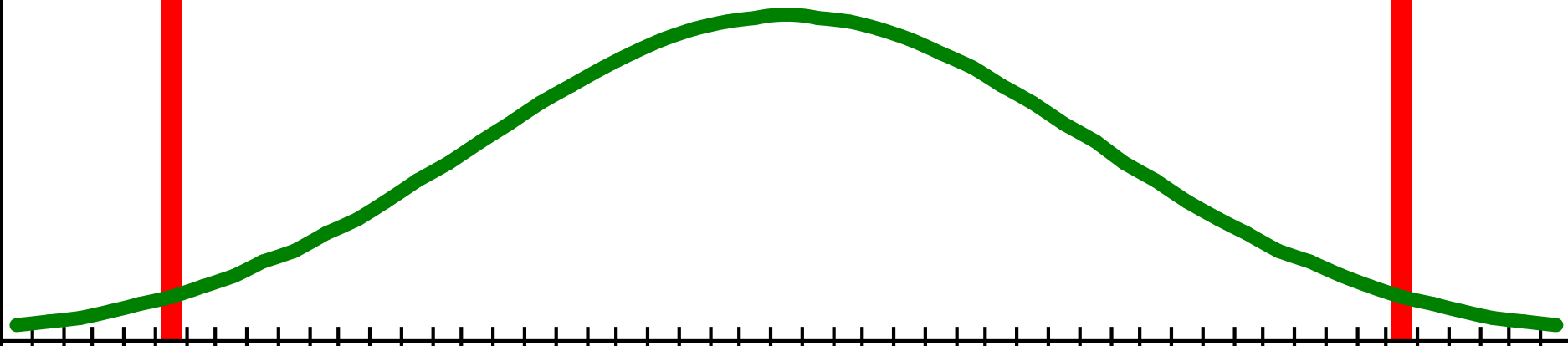
# 2-sigma Process

$C_p = 0,667$

$C_{pk} = 0,667$

45.600 ppm

■ Spec..





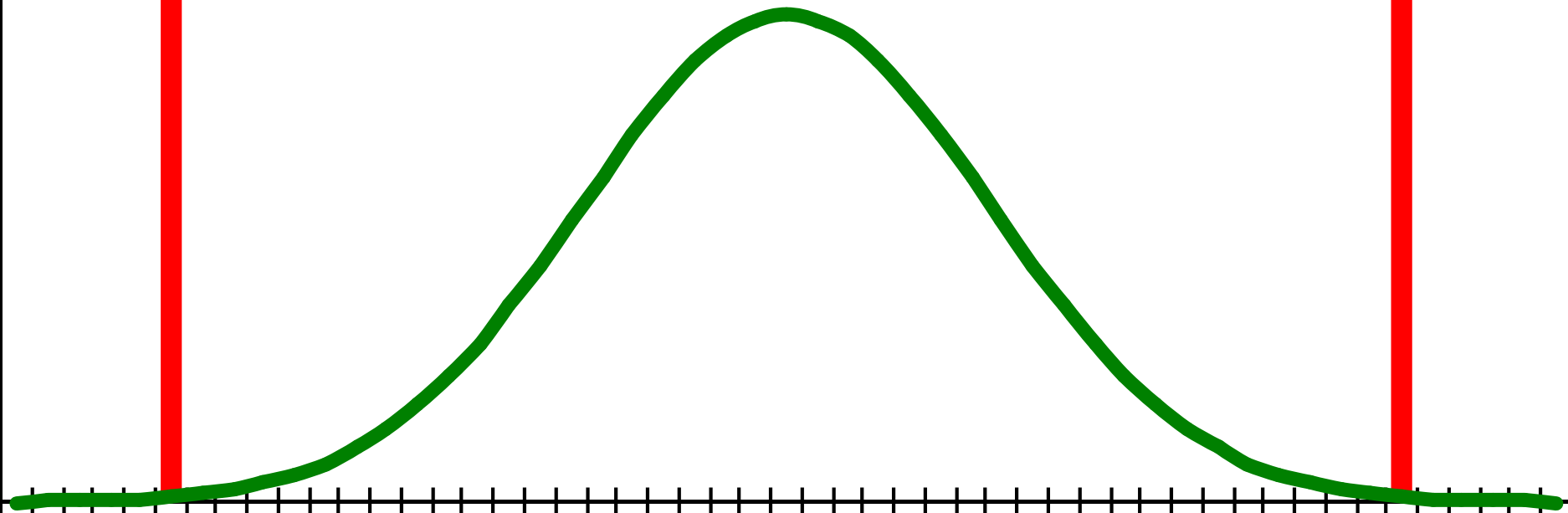
# 3-sigma Process

$C_p = 1,0$

$C_{pk} = 1,0$

2.600 ppm

■ Spec Limits



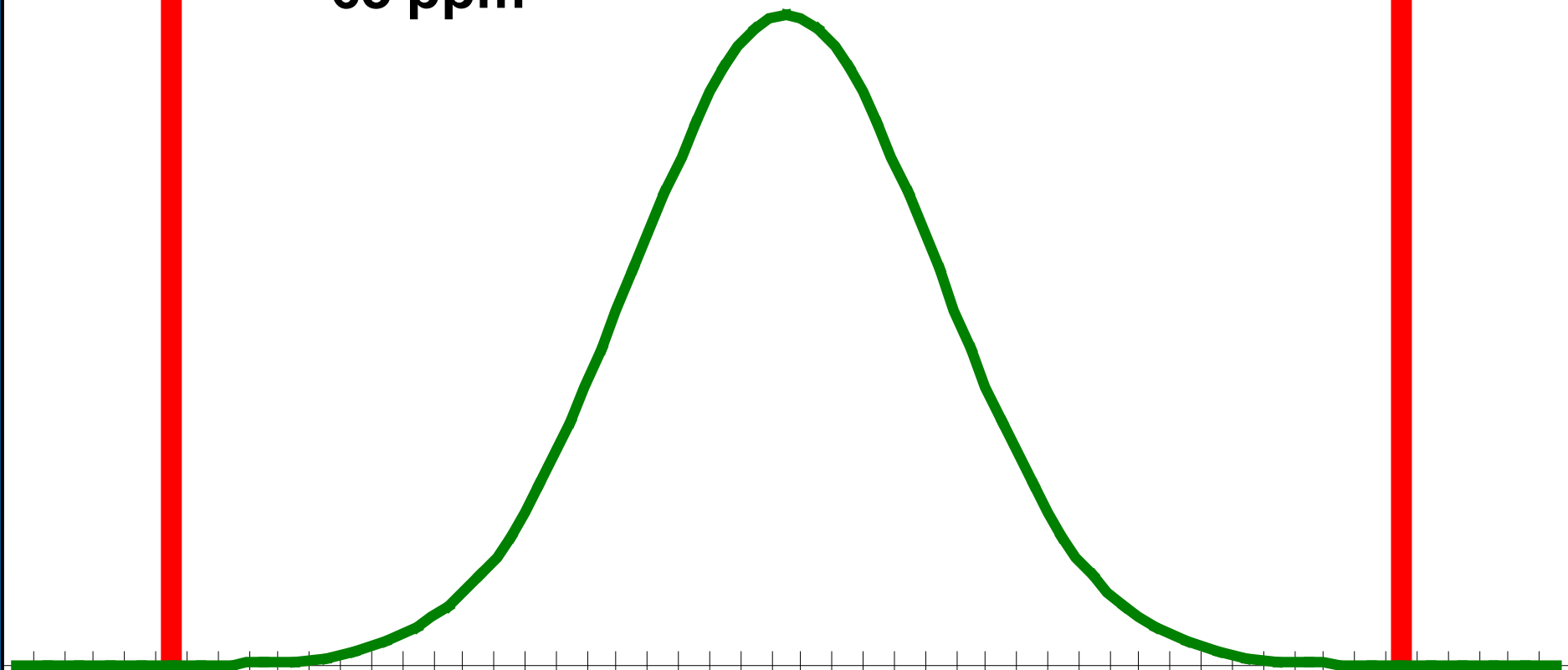
# 4-sigma Process

$C_p = 1.333$

$C_{pk} = 1.333$

63 ppm

■ Spec Limits



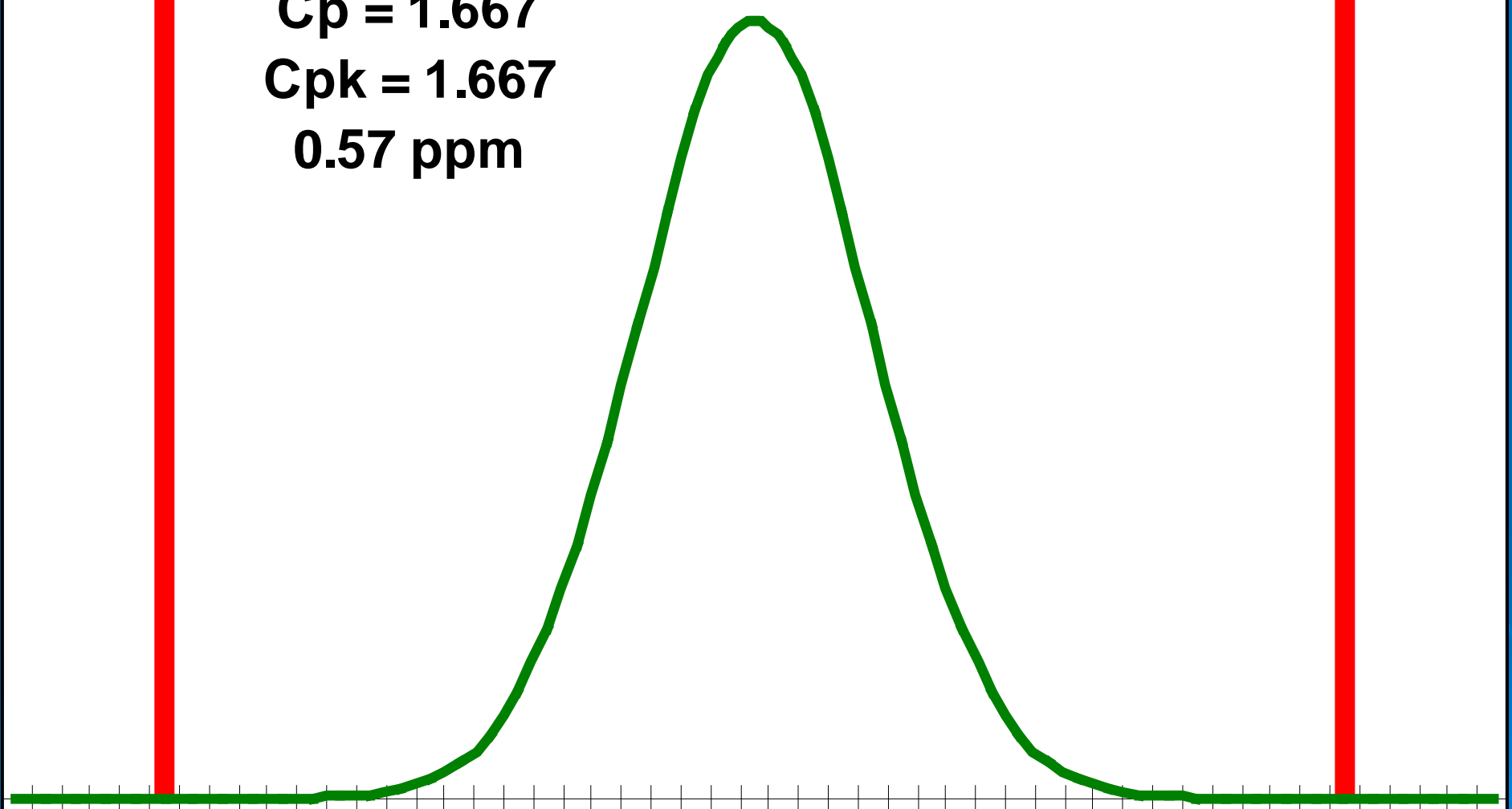
# 5-sigma Process

$C_p = 1.667$

$C_{pk} = 1.667$

0.57 ppm

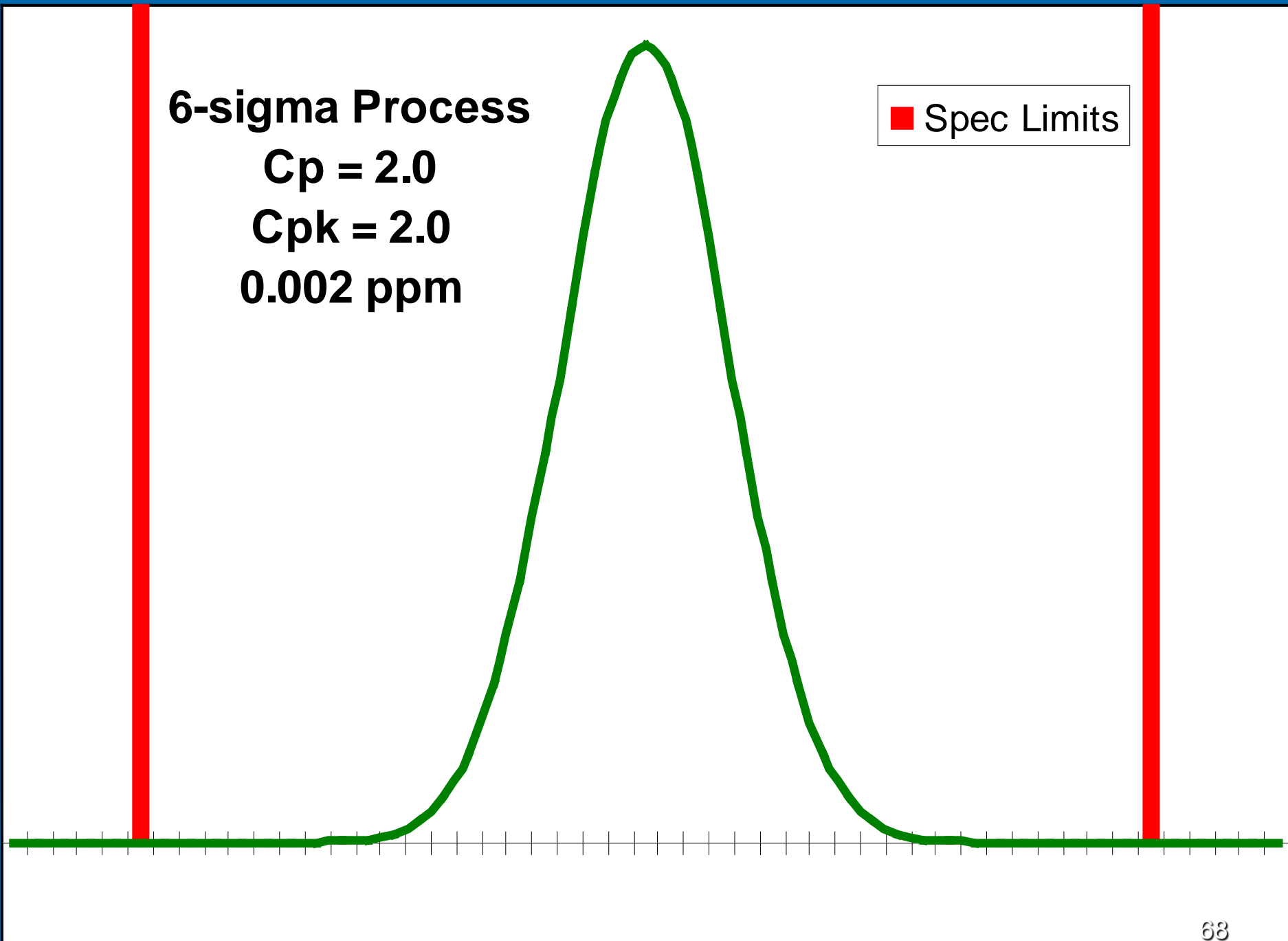
■ Spec Limits



# 6-sigma Process

$C_p = 2.0$   
 $C_{pk} = 2.0$   
0.002 ppm

■ Spec Limits



# Τάση Διεργασίας

Τι συμβαίνει όταν ο μέσος της διαδικασίας δεν είναι κεντραρισμένος μεταξύ των ορίων των προδιαγραφών;

# 3-sigma Process

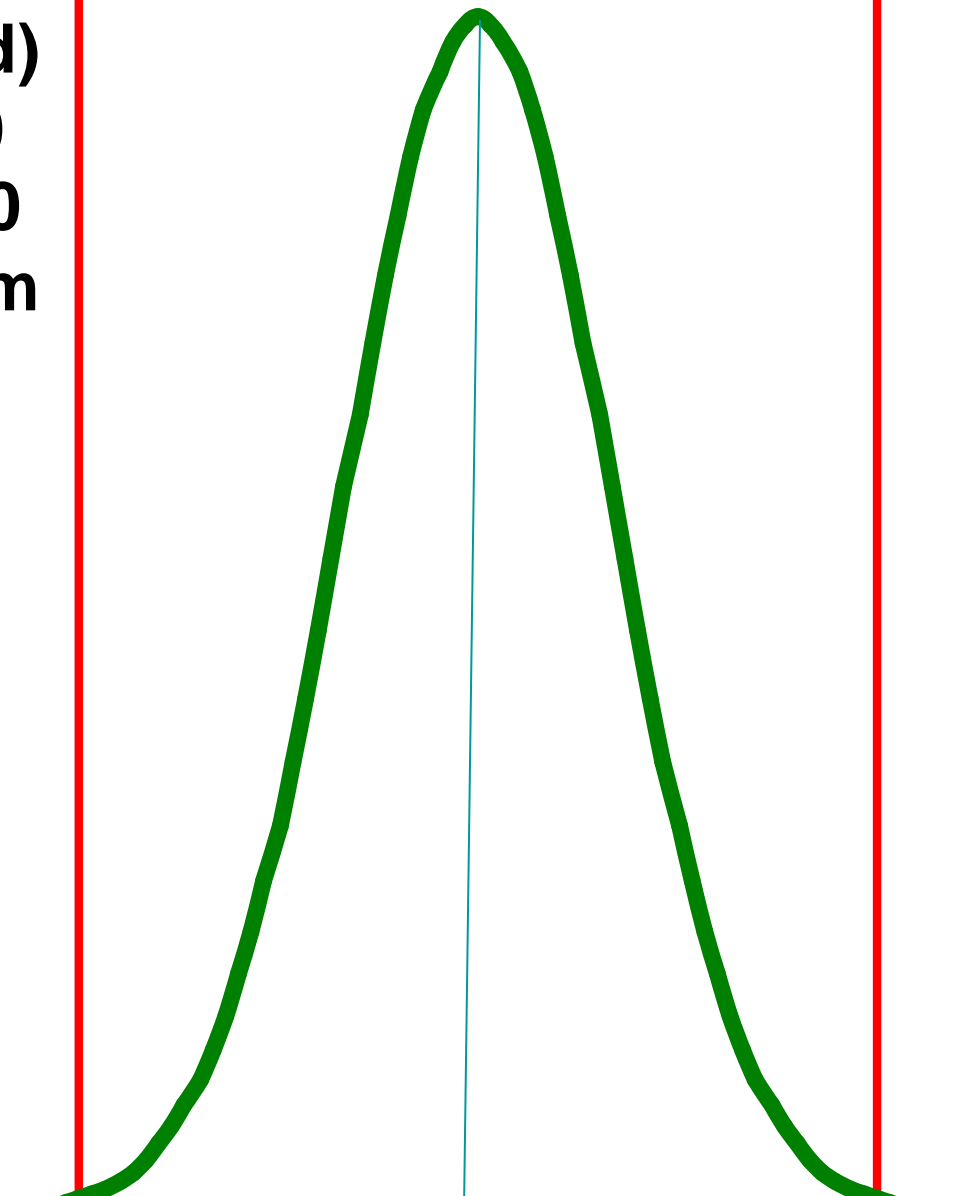
(centered)

$C_p = 1.0$

$C_{pk} = 1.0$

2.600 ppm

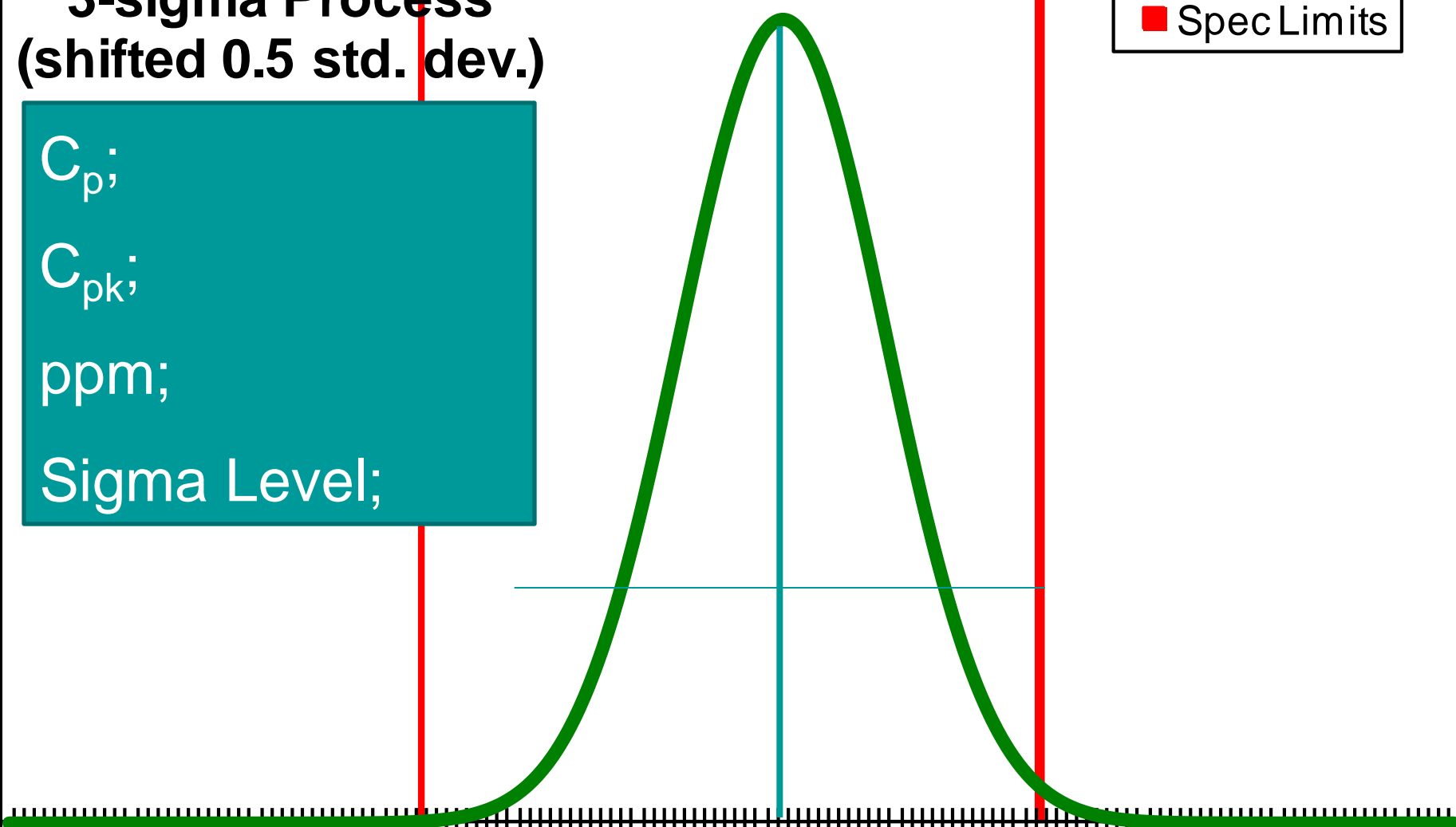
■ Spec Limits



# 3-sigma Process (shifted 0.5 std. dev.)

$C_p$ ;  
 $C_{pk}$ ;  
ppm;  
Sigma Level;

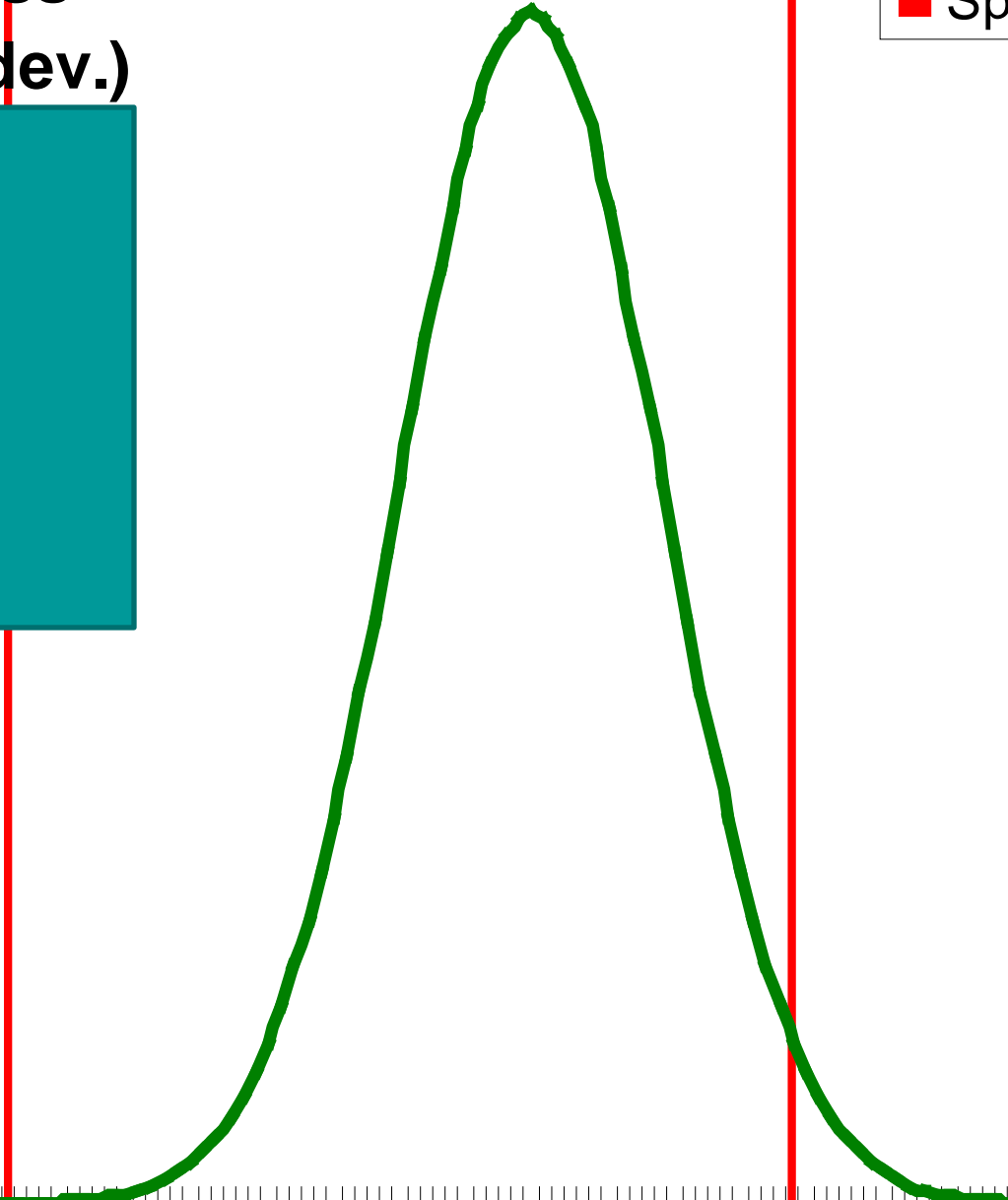
■ Spec Limits



# 3-sigma Process (shifted 1.0 std. dev.)

$C_p$ ;  
 $C_{pk}$ ;  
ppm;  
Sigma Level;

■ Spec Limits





# 3-sigma Process (shifted 1.5 std. dev.)

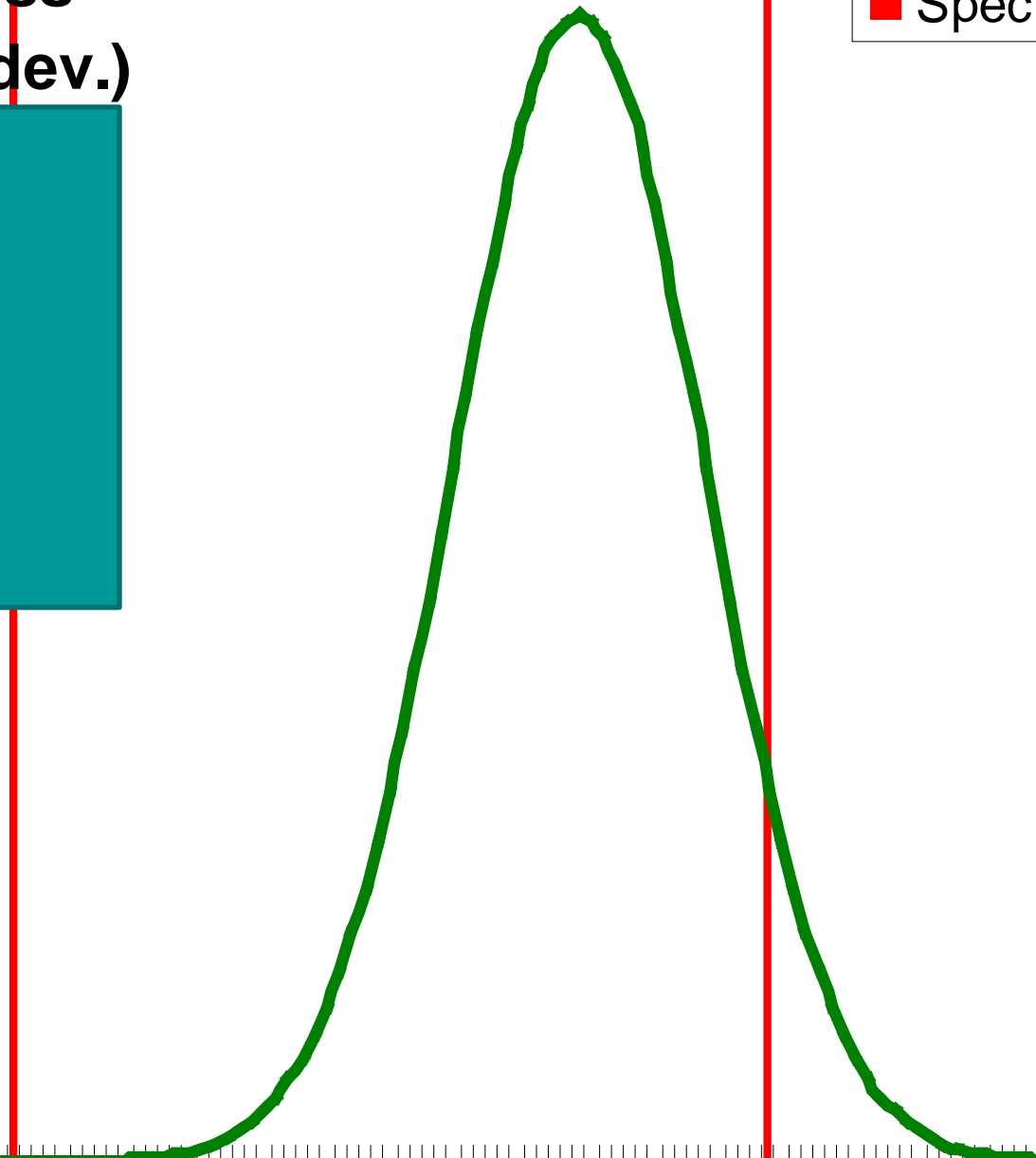
$C_p$ ;

$C_{pk}$ ;

ppm;

Sigma Level;

■ Spec Limits



# Six Sigma: Διάφορες Έννοιες

- Ένα Σύμβολο
- Ένα Μέτρο
- Ένας Στόχος
- Μια Φιλοσοφία
- Μια Μέθοδος

# Αξιοπιστία

# Reliability

# Αξιοπιστία

Μία σημαντική διάσταση του σχεδιασμού ενός προϊόντος ή υπηρεσίας αποτελεί ότι αυτό/η θα λειτουργήσει όπως αναμένεται. Αυτό ονομάζεται αξιοπιστία.

**Αξιοπιστία** είναι η πιθανότητα ότι το προϊόν ή η υπηρεσία ή μέρος αυτών θα αποδώσει όπως αναμένεται για μια καθορισμένη περίοδο του χρόνου κάτω από νορμάλ συνθήκες.

Όλοι είμαστε εξοικειωμένοι με την αξιοπιστία των προϊόντων με την μορφή των εγγυήσεων. Όλοι επίσης γνωρίζουμε ότι κανένα προϊόν δεν είναι εγγυημένο 100%. Ωστόσο, οι εταιρείες γνωρίζουν ότι η υψηλή αξιοπιστία αποτελεί σημαντικό κομμάτι της ποιότητας που προσανατολίζεται στον πελάτη και προσπαθούν να την ενσωματώσουν στο σχεδιασμό προϊόντων τους

Για παράδειγμα, ένα προϊόν με αξιοπιστία 90 τοις εκατό έχει πιθανότητα 90 τοις εκατό να λειτουργεί όπως προορίζεται. Ένας άλλος τρόπος να το δούμε είναι ότι η πιθανότητα αποτυχίας του προϊόντος είναι  $1 - 0.90 = 0.10$  ή 10 τοις εκατό. Αυτό σημαίνει επίσης ότι 1 στα 10 προϊόντα δεν θα λειτουργήσει όπως αναμενόταν. <sup>76</sup>

# Αξιοπιστία

- Η πιθανότητα ότι ένα προϊόν ή υπηρεσία ή μέρος αυτών θα αποδώσει όπως αναμένεται.
- Κανένα προϊόν δεν είναι εγγυημένο 100% ότι θα λειτουργήσει σωστά.
- Η υψηλή αξιοπιστία αποτελεί σημαντικό μέρος της ποιότητας που προσανατολίζεται στον πελάτη
- Η αξιοπιστία ενός προϊόντος είναι άμεση συνάρτηση της αξιοπιστίας των εξαρτημάτων του.
- Εάν όλα τα μέρη ενός προϊόντος πρέπει να λειτουργούν για να λειτουργεί το προϊόν, τότε η αξιοπιστία του συστήματος υπολογίζεται ως προϊόν των αξιοπιστίας των επιμέρους στοιχείων:

$$R_s = (R_1)(R_2)(R_3)\dots(R_n)$$

Όπου  $R_s$  = Αξιοπιστία του προϊόντος ή του συστήματος

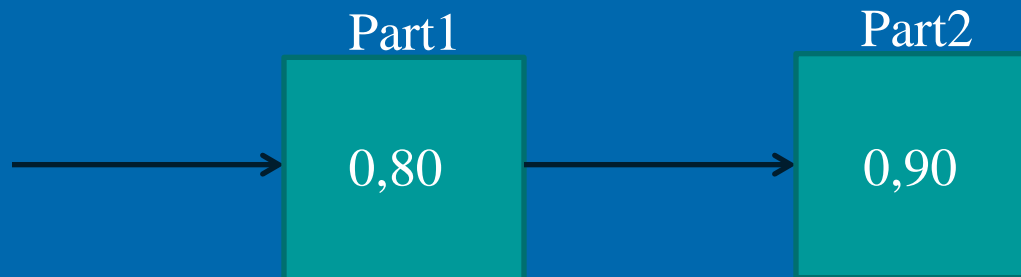
$R_{1\dots n}$  = Αξιοπιστία των συστατικών 1 έως n

- Από όσα περισσότερα μέρη αποτελείται το προϊόν τόσο μικρότερη είναι η αξιοπιστία του.
- Η αποτυχία ορισμένων προϊόντων μπορεί να είναι πολύ κρίσιμη.
- Ένας τρόπος για να αυξήσετε την αξιοπιστία του προϊόντος είναι να ενσωματώσετε τον πλεονασμό στο σχεδιασμό προϊόντων με τη μορφή εφεδρικών ανταλλακτικών.
- Ο πλεονασμός ενσωματώνεται στο σύστημα τοποθετώντας παράλληλα στοιχεία.
- Όταν ένα συστατικό αποτύχει, αναλαμβάνει το άλλο.

$$R_s = (\text{Reliability of 1}^{\text{st}} \text{ component-original}) + \{(\text{reliability of 2}^{\text{nd}} \text{ component-backup}) \times (\text{probability of needing 2}^{\text{nd}} \text{ component})\}_{8}$$

## Παράδειγμα 1

Ας υποθέσουμε ότι ένα προϊόν έχει δύο μέρη, και τα δύο πρέπει να λειτουργούν για να λειτουργεί το προϊόν. Το μέρος 1 έχει αξιοπιστία 80 τοις εκατό και το μέρος 2 έχει αξιοπιστία 90 τοις εκατό. Υπολογίστε την αξιοπιστία του προϊόντος.



### Λύση:

Η αξιοπιστία του προϊόντος είναι:  $R = (0.80)(0.90) = 0.72$

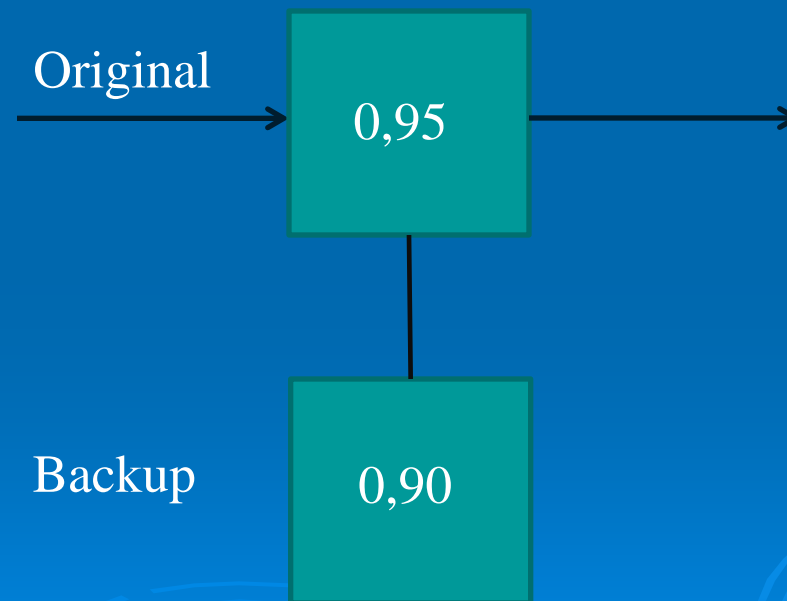
Παρατηρήστε στο προηγούμενο παράδειγμα ότι η αξιοπιστία του «συστήματος» είναι χαμηλότερη από αυτήν των μεμονωμένων στοιχείων. Ο λόγος είναι ότι όλα τα στοιχεία μιας σειράς, όπως στο παράδειγμα, πρέπει να λειτουργούν για να λειτουργεί το προϊόν. Εάν μόνο ένα στοιχείο δεν λειτουργεί, ολόκληρο το προϊόν δεν λειτουργεί. Όσο περισσότερα συστατικά έχει ένα προϊόν, τόσο χαμηλότερη είναι η αξιοπιστία του. Για παράδειγμα, ένα σύστημα με πέντε εξαρτήματα σε σειρά, το καθένα με αξιοπιστία 0,90, έχει αξιοπιστία μόνο  $(0.90)(0.90)(0.90)(0.90)(0.90) = (0.90)^5 = 0,59$ .

## Παράδειγμα 2

Δύο γεννήτριες παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στην κύρια και εφεδρική γεννήτρια μιας εγκατάστασης. Η κύρια γεννήτρια έχει αξιοπιστία 0,95 και το αντίγραφο ασφαλείας αξιοπιστία 0,90. Ποια είναι η αξιοπιστία του συστήματος;

### Λύση:

Το σύστημα μπορεί να αναπαρασταθεί με τον ακόλουθο τρόπο:

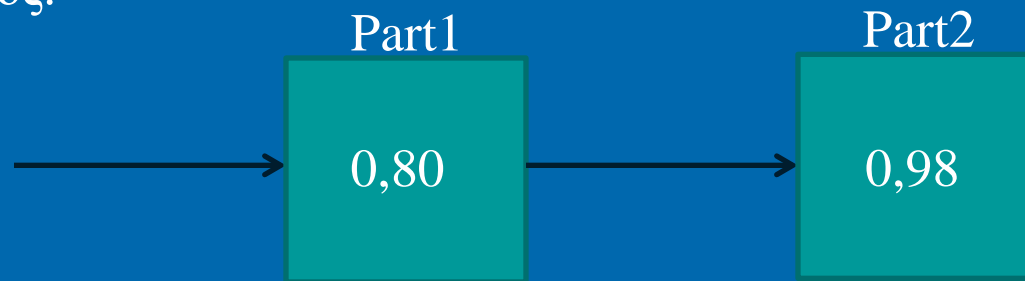


Η αξιοπιστία του προϊόντος είναι :  $R_s = 0.95 + [(0.90) \times (1 - 0.95)] = 0.995$



### Παράδειγμα 3

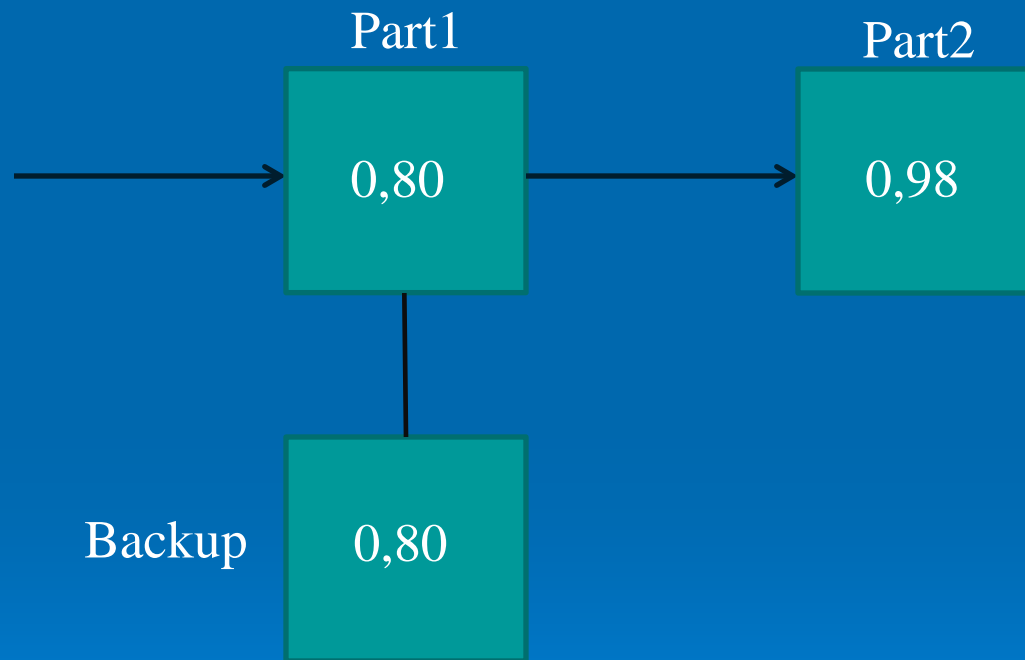
Ένα σύστημα ασφαλείας γραφείου στη Delco, Inc. έχει δύο συστατικά μέρη, και τα δύο πρέπει να λειτουργούν για να λειτουργεί το σύστημα. Το μέρος 1 έχει αξιοπιστία 80%, το μέρος 2 έχει αξιοπιστία 98%. Υπολογίστε την αξιοπιστία του συστήματος.



#### **Solution:**

Η αξιοπιστία του προϊόντος είναι :  $R = (0.80)(0.98) = 0.784$

Η Delco, Inc., από το Παράδειγμα 3, δεν είναι ικανοποιημένη με την αξιοπιστία του συστήματος ασφαλείας της και αποφάσισε να το βελτιώσει. Η εταιρεία θα προσθέσει ένα εφεδρικό στοιχείο στο μέρος 1 του συστήματος ασφαλείας της. Το εφεδρικό στοιχείο θα έχει επίσης αξιοπιστία 0,80. Ποια είναι η αξιοπιστία του βελτιωμένου συστήματος ασφαλείας;



$$\begin{aligned} \text{Η αξιοπιστία του συστήματος είναι : } R_s &= [[0,80 + [(0,80) \times (1 - 0,80)]] \times 0,98 = \\ &= 0,96 \times 0,98 = 0,94 \end{aligned}$$