



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**Η ΜΕΘΟΔΟΣ CRITICAL CHAIN PROJECT
MANAGEMENT ΚΑΙ Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ
ΔΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣ**

ΤΟΥ

ΠΑΥΛΙΔΗ ΠΡ. ΙΩΑΝΝΗ

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού
διπλώματος ειδίκευσης στη Διοίκηση Επιχειρήσεων

Οκτώβριος / Μάρτιος 2018

(Ιανουάριος 2022)

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με το αντικείμενο της διαχείρισης έργων και την μέθοδο κρίσιμης αλυσίδας. Στην εργασία γίνεται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση της μεθόδου Critical Chain Project Management (CCPM) και δίνεται έμφαση στην εφαρμογή της στον κατασκευαστικό τομέα. Επίσης, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα MS Project ως εργαλείο προγραμματισμού έργου, εξετάζεται η θεωρητική εφαρμογή της μεθόδου σε ένα υπαρκτό οικοδομικό έργο και γίνεται μία προσπάθεια αποτίμησής της.

Αναλυτικότερα, στο εισαγωγικό κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα ιστορικά στοιχεία της μεθόδου CCPM, στα σημεία που εστιάζει περισσότερο η μέθοδος καθώς και η σχέση της με καθιερωμένες φυσικές συμπεριφορές. Στο δεύτερο κεφάλαιο, μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης, αναλύεται η θεωρία των περιορισμών, η ανθρώπινη συμπεριφορά σε σχέση με την εφαρμογή της μεθόδου, ο σχεδιασμός και η παρακολούθηση των έργων αλλά και ελλείψεις και κίνδυνοι που προκύπτουν από την εφαρμογή της. Το τρίτο κεφάλαιο εστιάζει στις πρακτικές της μεθόδου, περιπτώσεις επιτυχούς υιοθέτησης, λόγους αποτυχίας και αντίστασης στην αλλαγή αλλά και στις φυσικές συμπεριφορές στην εργασία γενικότερα. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μία εξειδίκευση της εφαρμογής της μεθόδου στον κατασκευαστικό κλάδο, σε περιβάλλον πολλαπλών έργων και μια αποτίμηση της εφαρμογής της. Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται θεωρητική εφαρμογή της μεθόδου σε συγκεκριμένο οικοδομικό έργο στο δήμο Αριστοτέλη Χαλκιδικής, μέσω ανάλυσης των δραστηριοτήτων, του χρονοδιαγράμματος και χρησιμοποιώντας το λογισμικό MS Project. Το κεφάλαιο και η εργασία ολοκληρώνεται με μία θεωρητική αποτίμηση της εφαρμογής CCPM βασισμένη στα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης και στην εμπειρία των διαχειριστών έργων τέτοιου μεγέθους στην πράξη.

Abstract

This thesis deals with the subject of project management and the critical chain method. The paper reviews the Critical Chain Project Management method and emphasizes its application in the construction sector. Also, using the MS project program as a project planning tool, the theoretical application of the method to an existing construction project is examined and an attempt is made to evaluate the method.

In more detail, in the introductory chapter, the historical data of the CCPM method are examined, the points that the method focuses on as well as its relation to established physical behaviors. The second chapter, through a literature review, analyzes the theory of constraints, human behavior in relation to the application of the method, the design and monitoring of projects but also the shortcomings and risks arising from its application. The third chapter focuses on the practices of the method, cases of successful adoption, reasons for failure and resistance to change but also on physical behaviors at work in general. In the fourth chapter there is a specialization of the application of the method in the construction industry, in a multi-project environment and an evaluation of its application. In the fifth and last chapter, with the use of the MS Project software, the method is theoretically applied to a specific construction project in the municipality of Aristotle in Chalkidiki, through analysis of the activities and schedule. The chapter and the paper, concludes with a theoretical evaluation of the application of CCPM, based on the results of the specific case study but also the practical aspect of the experience of project managers on similar size projects.

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων	2
Κατάλογος Πινάκων.....	5
Κατάλογος Σχημάτων	6
1. Εισαγωγή.....	7
2. Critical Chain Management.....	9
2.1. Η Θεωρία των Περιορισμών	9
2.2. Η Ανθρώπινη συμπεριφορά στην CCPM.....	12
2.3. Σχεδιασμός και Παρακολούθηση Έργου	14
2.4. Ελλείψεις και Κίνδυνοι	18
3. Συνάφεια και πρακτικές της CCPM	20
3.1. Υιοθέτηση CCPM	20
3.2. Η μετατόπιση παραδείγματος της CCPM	20
3.3. Αντίσταση στη CCPM.....	22
3.4. Παράγοντες υλοποίησης CCPM.....	24
3.5. Φυσικές συμπεριφορές	25
3.6. Παραδείγματα διαχείρισης έργου.....	26
4. Εφαρμογή της Μεθόδου CCPM στις Κατασκευές.....	29
4.1. Εφαρμογή Χρονοδιαγράμματος	29
4.2. CCPM σε Περιβάλλον Πολλαπλών Έργων.....	31
4.3. Αποτίμηση της Μεθόδου Κρίσιμης Αλυσίδας στον κατασκευαστικό κλάδο	34
5. Μελέτη Περίπτωσης: Ανέγερση διώροφης οικοδομής	36
5.1. Στοιχεία έργου	36
5.2. Εφαρμογή της Μεθόδου Κρίσιμης Αλυσίδας (CCPM).....	38
5.2.1. Μεθοδολογία	38
5.2.2. Δημιουργία Gantt Chart.....	39
5.2.3. Αναγνώριση Κρίσιμης Διαδρομής	39
5.2.4. Προσδιορισμός Buffer.....	40
5.2.5. Υπολογισμός Διάρκειας δραστηριοτήτων.....	40
5.2.6. Υπολογισμός χρόνου Buffer.....	42
5.2.7. Τοποθέτηση Buffer & συσχέτιση με δραστηριότητες.....	42
5.3. Αποτίμηση της Μεθόδου Κρίσιμης Αλυσίδας στην μελέτη περίπτωσης.....	44
Αναφορές.....	47

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Συγκρούσεις μεταξύ των συμφερόντων της απόδοσης σε επίπεδο έργου.....	13
Πίνακας 2: Αρχικός πίνακας δραστηριοτήτων.....	38
Πίνακας 3: Πίνακας δραστηριοτήτων μετά την εφαρμογή του κανόνα του 50%.....	41

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Εκτιμήσεις χρόνου εκτέλεσης και εμπιστοσύνη. Ανατύπωση από Esemble Consulting Group, (2018).....	15
Σχήμα 2: Μείωση χρόνου εργασίας και buffer έργου. Ανατύπωση από www.chronolist.com	16
Σχήμα 3: Buffer τροφοδοσίας και buffer πόρων.	17
Σχήμα 4: Γράφημα κατάστασης buffer έργου. Ανατύπωση από www.tutorialspoint.com	17
Σχήμα 5: Η εφαρμογή των buffer στην κρίσιμη αλυσίδα. Ανατύπωση από Shu-Hui & Ping, (2006).	30
Σχήμα 6: Μεθοδολογία εφαρμογής	39
Σχήμα 7: Αρχικό Χρονοδιάγραμμα δραστηριοτήτων & κρίσιμη διαδρομή.....	39
Σχήμα 8: Αρχικές μη κρίσιμες δραστηριότητες	40
Σχήμα 9: Χρονοδιάγραμμα δραστηριοτήτων & κρίσιμη διαδρομή μετά την εφαρμογή του κανόνα του 50%	44
Σχήμα 10: Μη κρίσιμες δραστηριότητες μετά την εφαρμογή του κανόνα του 50%.....	44

1. Εισαγωγή

Το Critical Chain Project Management (CCPM) αναπτύχθηκε το 1997, από τον Δρ Eliyahu Goldratt, και αφορά μια σχετικά νέα μέθοδο προγραμματισμού των δραστηριοτήτων του έργου (Goldratt, 1997). Η μέθοδος προέρχεται από την προηγουμένως αναπτυγμένη Θεωρία των Περιορισμών του Goldratt (Goldratt & Cox, 1984). Αν και πολλοί επαγγελματίες της διαχείρισης έργου θεωρούν το CCPM μια πολλά υποσχόμενη μέθοδο, λόγω της απλότητας και της υπόσχεσης μείωσης χρόνου παράδοσης, η μέθοδος εξακολουθεί να μην υιοθετείται ευρέως. Δεν υπάρχουν διαθέσιμα μεγάλα δεδομένα και η μεθοδολογία CCPM δεν εμφανίζεται σπάνια θέμα συζήτησης (Millhiser & Szmerekovsky, 2012). Η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί ανανεωμένη προβολή, αλλαγή παραδείγματος, πράξης έργων και επιχείρησης. Η μέθοδος αγγίζει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι κάνουν τη δουλειά τους, πώς εστιάζουν σε διάφορες δραστηριότητες και πώς παρακολουθούν την πρόοδο (Lechler et al, 2005). Η μέθοδος εστιάζει στην ταχύτητα του έργου αντί να επικεντρωθεί σε προθεσμίες παράδοσης. Η μέθοδος θεωρείται χρήσιμη για οργανισμούς ικανούς να αποδεχτούν ένα νέο παράδειγμα (Steyn, 2000). Δεν είναι προφανές ότι το CCPM θα διατηρηθεί εντός ενός οργανισμού και ως εκ τούτου συνιστάται η έρευνα για τη διατήρηση της CCPM (Repp, 2012).

Αυτή η έρευνα θα διερευνήσει περαιτέρω, πώς η CCPM επηρεάζει την αντίληψη της εργασίας εντός ενός οργανισμού και μπορεί να υποδεικνύει πώς μπορεί να διατηρηθεί η CCPM ή εάν χρειάζεται περαιτέρω ανάπτυξη. Δίνοντας εκτιμήσεις διάρκειας εργασίας, οι άνθρωποι τείνουν να αποφεύγουν την αβεβαιότητα. Κατά την εκτέλεση εργασιών, οι άνθρωποι είναι υποχρεωμένοι να παραμείνουν απασχολημένοι. Αυτές οι «φυσικές ανθρώπινες συμπεριφορές» οδηγούν σε αναβολή των εργασιών του έργου και ως εκ τούτου, οδηγείτε σε καθυστέρηση του έργου. Η CCPM καταπολεμά τις φυσικές ανθρώπινες συμπεριφορές κατά την πρόοδο των εργασιών (Newbold, 1998).

Όμως, δεδομένου ότι αυτές οι συμπεριφορές θεωρούνται φυσικές, οι εργαζόμενοι και ακόμη και οι οργανισμοί ενδέχεται να μην ταιριάζουν με το «καλούπι» που δημιουργείται από την εφαρμογή της CCPM. Για να θεωρείται επιτυχημένη μια οργάνωση έργου CCPM, ο εργαζόμενος πρέπει να αισθάνεστε άνετα με το σύστημα και δεν πρέπει να τείνει να επιστρέψει στις πρώην «φυσικές» συμπεριφορές. Ο φόβος

της απώλειας φυσικών συμπεριφορών θα μπορούσε κάλλιστα να είναι ένας λόγος για το οποίο η CCPM δεν είναι ευρέως υιοθετημένη, παρά τα πολλά υποσχόμενα επιτεύγματα. Πιθανότατα ο οργανισμός θα επιστρέψει στις «φυσικές» συμπεριφορές αν αποδειχτεί ανεπιτυχής η εφαρμογή της CCPM και ως εκ τούτου δεν θα φέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η παρουσία αντίστασης αφορά έναν επίσημο παράγοντα για την εφαρμογή της CCPM (Repp, 2012).

2. Critical Chain Management

2.1. Η Θεωρία των Περιορισμών

Η θεωρία των περιορισμών (Theory of Constraints), γνωστή ως TOC, μπορεί να οριστεί ως διαδικασία για παράγοντες διαχείρισης, διαδικασίες παραγωγής, οργανωτικές αποφάσεις και καταστάσεις στις οποίες υπάρχουν περιορισμοί στην παρούσα κατάσταση. Το TOC είναι ένα εργαλείο διαχείρισης επιχειρήσεων που συνδέει όλες τις τεχνικές κατασκευής. Είναι μια επιστημονική μεθοδολογία που καθιστά δυνατή τη συσχέτιση των λύσεων σε κρίσιμα προβλήματα μιας εταιρείας (ανεξάρτητα από το μέγεθός της), για να διασφαλιστεί ότι η διαδικασία βελτίωσης συνεχίζεται αμείωτη.

Η θεωρία των περιορισμών αναπτύχθηκε από τον Δρ. Eli Goldratt και εισήχθη από το βιβλίο του «The Goal» (Goldratt, 1984). Το βιβλίο εξηγεί ότι ο πρωταρχικός στόχος μιας επιχείρησης είναι να δημιουργήσει χρήματα. Ο Goldratt εξηγεί ότι οι περιορισμοί (σημεία συμφόρησης) είναι περιοριστικοί παράγοντες δημιουργίας και διεκπεραίωσης, που είναι τελικά απαραίτητα για τη δημιουργία χρημάτων. Η θεωρία των περιορισμών αφορά μια μεθοδολογία για τον προσδιορισμό του πιο σημαντικού περιοριστικού παράγοντα της επίτευξης ενός στόχου, με τη συστηματική βελτίωση αυτού του περιορισμού, έως ότου δεν είναι πλέον ορατός ο περιοριστικός παράγοντας. Ο περιορισμός αναφέρεται συχνά ως εμπόδιο.

Η βασική προϋπόθεση της θεωρίας των περιορισμών είναι ότι όλες οι εταιρείες έχουν τουλάχιστον έναν κριτικό περιορισμό που περιορίζει την παραγωγική τους ικανότητα. Ένας περιορισμός είναι οποιοδήποτε στοιχείο που συμβαίνει σε ένα σύστημα και το εμποδίζει να επιτύχει τη βέλτιστη απόδοση. Χρησιμοποιώντας τη θεωρία των περιορισμών, η διαχείριση μπορεί να ελέγξει το περιθώριο συνεισφοράς και τον κύκλο παραγωγής της μονάδας του προϊόντος, σε σχέση με τους κρίσιμους πόρους του, δηλαδή τους περιορισμούς του (σημεία συμφόρησης), αυξάνοντας έτσι την παραγωγική ικανότητα.

Η TOC ισχυρίζεται ότι ένα πραγματικό σύστημα με περισσότερους από τρεις περιορισμούς είναι εξαιρετικά απίθανο. Αυτός ο ισχυρισμός βασίζεται σε γραμμικά μοντέλα προγραμματισμού, τα οποία μπορούν να επιλύσουν προβλήματα βελτιστοποίησης για συστήματα με πολλές εκατοντάδες περιορισμούς. Οι ερευνητές

βρήκαν ότι οι περισσότερες, εκτός από λίγες τέτοιες λύσεις ήταν τόσο ασταθείς που θα ήταν εντελώς μη πρακτικές εν μέσω του θορύβου ενός πραγματικού κόσμου. Η σταθερότητα είχε ισχυρή συσχέτιση με τον αριθμό των περιορισμών- όσο περισσότεροι περιορισμοί, τόσο λιγότερη σταθερότητα. Οι επαγγελματίες της TOC ισχυρίζονται ότι στην πράξη, τρεις περιορισμοί είναι το ρεαλιστικό μέγιστο. Μια σημαντική συνέπεια αυτού είναι ότι μπορεί η διαχείριση ενός σύνθετου συστήματος ή οργανισμού να μπορεί να είναι και απλοποιημένη και αποτελεσματικότερη, παρέχοντας στους διευθυντές μερικούς συγκεκριμένους τομείς στους οποίους πρέπει να εστιάσουν - μεγιστοποιώντας την απόδοση στους τομείς των βασικών περιορισμών ή αποδυναμώνοντας τον περιορισμό (καθιστώντας τον λιγότερο περιοριστικό). Αυτό οδηγεί επίσης σε μια στρατηγική άποψη της εταιρείας όπου ο περιορισμός καθοδηγεί όλες τις στρατηγικές αποφάσεις (Gupta et al, 2010).

Μια άλλη βασική ιδέα της Θεωρίας των Περιορισμών είναι ότι η παραλλαγή (στην παραγωγή και τον χρόνο μεταφοράς υλικού) εμποδίζει τη λειτουργία ενός ισορροπημένου εργοστασίου με χωρητικότητα 100 τοις εκατό. Αυτή η ιδέα απεικονίζεται τους Goldratt και Cox (2004) από μια προσομοίωση matchsticks-and-dice (παιχνίδι με ζάρια και σπέρτα), όπου οι παίκτες αντιπροσωπεύουν σταθμούς παραγωγής. Σε κάθε σειρά, κάθε παίκτης περνά το μικρότερο ζάρι του (η χωρητικότητα του σταθμού του για αυτή τη σειρά) και τον αριθμό των σπέρτων που έχει (εργασία που περιμένει στο σταθμό του) στο επόμενο άτομο. Αν και κάθε σταθμός έχει θεωρητικό μέσο όρο χωρητικότητας 3,5 μονάδων ανά στροφή, η συνολική παραγωγή του προσομοιωμένου εργοστασίου είναι κάπως μικρότερη, επειδή τα υψηλά ζάρια, τα οποία σπαταλούνται όταν δεν υπάρχει διαθέσιμη εργασία, δεν αντισταθμίζουν τα χαμηλά. Αυτά είναι η αρχική διαδικασία Goldratt για συνεχή βήματα βελτίωσης για αναγνώριση, εκμετάλλευση και διαχείριση των περιορισμών του συστήματος, είτε το σύστημα είναι για κατασκευή, διανομή, πωλήσεις ή διαχείριση έργων (Goldratt & Cox, 2004). Δηλαδή:

1. Προσδιορισμός των περιορισμών του συστήματος.
2. Απόφαση για εκμετάλλευση των περιορισμών
3. Οργάνωση όλων στα πλαίσια της παραπάνω απόφασης.
4. Αποδυνάμωση του περιορισμού.

5. Εάν, σε οποιοδήποτε από τα παραπάνω βήματα, ο περιορισμός έχει σπάσει, επιστρέψτε στο Βήμα 1.

Το TOC μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τρία διαφορετικά επίπεδα:

Επίπεδο 1: Διαχείριση παραγωγής - για την επίλυση των σημείων συμφόρησης, τον προγραμματισμό και τη μείωση των προβλημάτων παραγωγής αποθεμάτων.

Επίπεδο 2: Ανάλυση διαδικασίας - εφαρμογή βάσει της μεθόδου άμεσης κοστολόγησης, αντί παραδοσιακή ανάλυση κόστους, καθιστώντας δυνατή τη στήριξη των μέτρων που λαμβάνονται σε εξέλιξη της βελτίωσης διαδικασιών, βελτιώσεων συστήματος και περιορισμών συστημάτων που, με όρους, καθορίζουν τις προστατευτικές ικανότητες, τα κρίσιμα σημεία και τα βασικά τους στοιχεία.

Επίπεδο 3: γενική εφαρμογή TOC, με στόχο την αντιμετώπιση ποικίλων προβλημάτων επεξεργασίας εντός του οργανισμού, εφαρμόζοντας τη λογική του προκειμένου να προσδιοριστεί ποιοι παράγοντες εμποδίζουν τον οργανισμό από την επίτευξη των στόχων του, αναπτύσσοντας μια λύση στο πρόβλημα της συνεχιζόμενης βελτίωσης (Goldratt, 2007).

Ως μια νέα επιστημονική μεθοδολογία διαχείρισης κατασκευής, ο κύριος στόχος του TOC είναι να προωθήσει τη συνεχή βελτιστοποίηση της αναμενόμενης απόδοσης σε οποιονδήποτε οργανισμό που έχει έναν σαφώς καθορισμένο στόχο, εστιάζοντας τις ενέργειες της διοίκησης σε εκείνα τα στοιχεία που κρατούν τον οργανισμό πίσω. Επιδιώκει επίσης δέσμευση για απόλυτη ποιότητα και τέλεια ροή επεξεργασίας, προκειμένου να επιτευχθούν συνεχή κέρδη παραγωγικότητας. Επομένως, μπορεί κανείς να πει ότι η παραγωγικότητα είναι η πράξη που φέρνει μια εταιρεία πιο κοντά στον στόχο της. Ειδικά στην περίπτωση μιας διαδικασίας κατασκευής, όλες οι ενέργειες πρέπει να συγκλίνουν έτσι ώστε η μονάδα παραγωγής να προχωρά προς τον στόχο της, με άλλα λόγια, προς την κάλυψη των αναγκών του πελάτη. Πρέπει να είναι ξεκάθαρο για μια βιομηχανική οργάνωση, ότι το να αυξήσει τις δραστηριότητές της, την απόδοση και την παραγωγικότητά της, και συνεπώς τα κέρδη, η ροή παραγωγής πρέπει να είναι βελτιστοποιημένη στο εργοστάσιο (Gupta & Boyd, 2008).

2.2. Η Ανθρώπινη συμπεριφορά στην CCPM

Η CCPM εφιστά την προσοχή στην ανθρώπινη συμπεριφορά και στον τρόπο κατασκευής των σχεδίων και του πως πραγματικά εκτελούνται, στο πλαίσιο των ανθρώπινων αλληλεπιδράσεων. Ένα από τα προβλήματα που συχνά συζητείται στη βιβλιογραφία CCPM, είναι το αποτέλεσμα ενός συνδυασμού τέτοιων συμπεριφορών στις καθυστερήσεις έργου. Η βιβλιογραφία CCPM αναφέρεται σε πολλά προβλήματα που προκαλούνται από την παραβίαση των κοινών παρατηρούμενων συμπεριφορών. Τέτοιες συμπεριφορές περιλαμβάνουν: «σκόπιμη επένδυση» από διαχειριστές πόρων - συμπληρώνοντας τις εκτιμήσεις των καθηκόντων τους, προκειμένου να αποφευχθούν δεσμεύσεις, «Ο νόμος του Μέρφι» - αν κάτι μπορεί να πάει στραβά, τότε θα πάει. «Νόμος του Πάρκινσον» - η εργασία επεκτείνεται για να καλύψει το χρόνο που επιτρέπεται και το «φοιτητικό σύνδρομο» - το είδος αναβλητικότητας που παρουσιάζουν οι μαθητές, όταν τους έχουν ανατεθεί ένα έργο ή αντιμετωπίζουν ένα τεστ (Goldratt, 1997 · Huang et al, 2012).

Έλλειψη σύνδεσης μεταξύ του προγραμματισμού και του τι πραγματικά συμβαίνει στην εκτέλεση του πραγματικού κόσμου, οδηγεί σε έλλειψη υποστήριξης αποφάσεων κατά την εκτέλεση. Όταν προκύπτουν αποκλίσεις από το σχέδιο, προκύπτουν διάφορες συγκρούσεις μεταξύ των συμφερόντων της απόδοσης σε επίπεδο έργου (ευθύνη του διαχειριστή) και καλύτερη απόδοση σε επίπεδο εργασιών (ευθύνη διαχείρισης πόρων). Παραδείγματα τέτοιων συγκρούσεων φαίνονται στον Πίνακα 1.

Ο Goldratt (1997, p. 85) αμφισβήτησε την υπόθεση ότι η καλή απόδοση σε ατομικά τμήματα ενός συστήματος οδηγεί σε συνολικά καλύτερη απόδοση. Ομοίως, σε ένα έργο, αντί για εστίαση σε κάθε δραστηριότητα, η εστίαση πρέπει να είναι στην πιο σημαντική αλυσίδα των εξαρτημένων δραστηριοτήτων (Goldratt, 1990, p. 185). Το CCPM, όπως και άλλες λύσεις TOC, σχεδιάστηκε για να εκτρέψει την εστίαση στον περιορισμό του πυρήνα και να το εκμεταλλευτεί ως σημείο μόχλευσης. Ένας περιορισμός ορίζεται συνήθως ως «κάτι που περιορίζει τις ενέργειες ή τη συμπεριφορά κάποιου». Εκτός του TOC, ένας περιορισμός θεωρείται συνήθως ως κάτι που κατά προτίμηση πρέπει να εξαλειφθεί. Ωστόσο, το TOC υιοθετεί μια διαφορετική προσέγγιση και θεωρεί τους περιορισμούς ως «ευκαιρία βελτίωσης» (Gurta et al, 2010). Στη βιβλιογραφία TOC, ένας περιορισμός είναι «ο παράγοντας που, εάν ο οργανισμός θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί πληρέστερα, ή να υπαχθεί

αποτελεσματικότερα σε αυτόν, θα κατέληγε στην επίτευξη περισσότερου στόχου» (Cox et al, 2012, p28). Η βιβλιογραφία TOC όχι μόνο αντιλαμβάνεται τους περιορισμούς θετικά, αλλά επίσης επηρεάζεται από την αρχή του Pareto, δηλαδή υποδηλώνει ότι ένα σύστημα έχει συνήθως λίγους περιορισμούς που περιορίζουν την απόδοση του συστήματος σε σχέση με τον στόχο. Κατά συνέπεια, αυτοί οι λίγοι περιορισμοί είναι ένας καλός τομέας που ελέγχει ή επηρεάζει το σύστημα (Blackstone et al, 1997).

Πίνακας 1: Συγκρούσεις μεταξύ των συμφερόντων της απόδοσης σε επίπεδο έργου.

Η δράση οδηγεί σε καλύτερη απόδοση σε επίπεδο εργασίας	Η δράση οδηγεί σε καλύτερη απόδοση σε επίπεδο παραγωγής	Συγγραφείς
Συμπερίληψη έκτακτης ανάγκης στις εκτιμήσεις μεμονωμένων εργασιών	Μη συμπερίληψη απρόβλεπτων στην εκτίμηση μεμονωμένων εργασιών	Leach (2005, p.80)
Αποδοχή νέων εργασιών	Ολοκλήρωση της εργασίας που έχει οριστεί	Leach (2005, p.86)
Μη παράδοση της εργασίας νωρίς	Παράδοση της εργασίας νωρίς	Leach (2005, p.84)
Επίσημη αλλαγή του κρίσιμου μονοπατιού	Μη επίσημη αλλαγή του κρίσιμου μονοπατιού	Goldratt (1997, p.211)
Διαχείριση ανάλογα με το κόστος	Διαχείριση ανάλογα με την απόδοση	Goldratt (1997, p.99), Leach (2005, p.58)
Έναρξη της εργασίας νωρίς	Έναρξη της εργασίας αργά	Millhiser & Szmerkovsky (2012), Viljoen & Steyn (2007)

Ο Parkinson (1955) υποστήριξε τον νόμο του Parkinson, δηλώνοντας ότι είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο όταν η δουλειά επεκτείνεται προκειμένου να γεμίσει τον διαθέσιμο χρόνο για την ολοκλήρωση της εργασίας. Αρχικά ο Parkinson έθεσε το θέμα λόγω παρατήρησης αξιωματούχων, οι οποίοι θέλοντας να πολλαπλασιάσουν τους υφισταμένους τους, τους αναθέτουν δουλειά που πρέπει να κάνει ένας για τον άλλον. Αργότερα το θέμα συνδέθηκε επιπλέον με τη φυσική συμπεριφορά της αναβλητικότητας. Το τελευταίο είναι η προοπτική του πώς ο Goldratt (1997) αντιμετωπίζει το θέμα. Ο Steel (2007) δηλώνει ότι υπάρχει πράγματι μια φύση της αναβλητικότητας. Δηλώνει ακόμη ότι μαστίζει τα ανθρώπινα όντα τουλάχιστον από τη γέννηση του πολιτισμού. Σύμφωνα με έρευνα, τα προβλήματα που σχετίζονται με την αναβλητικότητα αυξάνονται. Η έρευνα εντοπίζει επίσης ότι οι θέσεις εργασίας γίνονται πιο μη δομημένες, ελλείπει επιβαλλόμενη κατεύθυνση, με αποτέλεσμα οι εργαζόμενοι να δημιουργούν μία τάξη από μόνοι τους και ως εκ τούτου να απαιτούνται ικανότητες αυτοδιαχείρισης (Steel, 2007).

Εμφανίζονται ψυχο-αναλυτικές, συμπεριφορικές, γνωστικές και προοπτικές προσωπικότητας σχετικά με την αναβλητικότητα. Τα κίνητρα επίτευξης, η

νοημοσύνη και η συνείδηση σχετίζονται με την αναβλητικότητα. Η Εξωστρέφεια (Extraversion) είναι ένα από τα στοιχεία της προσωπικότητας που κινεί την αναβλητικότητα (Ferrari et al, 1995). Επιπλέον είναι προφανές ότι οι άνθρωποι κάνουν έκπτωση στο μελλοντικό κόστος της αναβλητικότητας ενώ προτιμούν την εκτέλεση πιο ευχάριστων πραγμάτων (König & Kleinmann, 2004). Η ικανότητα για εκτέλεση πολλαπλών εργασιών (Multitasking), ορίζεται επίσης ως κατακερματισμός της εργασίας, δηλαδή διάλειμμα στη συνεχή εργασία, φαίνεται μια κοινή πρακτική (Mark, Gonzalez & Harris, 2005). Αναγνωρίζεται ότι το multitasking θα μπορούσε να είναι επιζήμιο. Απαιτείται συχνά ο χρόνος εκκίνησης για να προσανατολιστεί σε μια δραστηριότητα. Αφ'ετέρου φαίνεται επίσης ένα πιθανό θετικό αποτέλεσμα από την ικανότητα ενός ανθρώπου να ασχολείται με διάφορες εργασίες συγχρόνως. Η εναλλαγή εργασιών θα μπορούσε να χρησιμεύσει για την ανανέωση και να παρέχει νέες ιδέες. Το multitasking υπάρχει με όλες τις γενιές και όλοι μοιράζονται διανοητικούς περιορισμούς που επηρεάζουν ποιες εργασίες μπορούν να συνδυαστούν. Αν και οι νεότερες γενιές αναφέρουν χαμηλότερες βαθμολογίες δυσκολίας, ορισμένοι βασικοί ανθρώπινοι περιορισμοί φαίνεται να είναι κοινές σε όλες τις γενιές (Carrier et al, 2009).

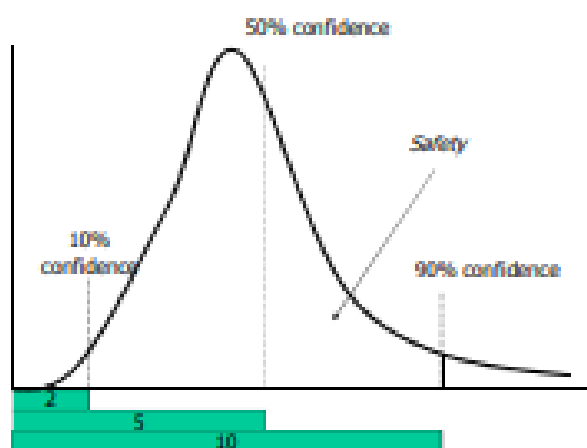
Ο Crenshaw (2008) περιγράφει το multitasking ως μια μορφή διαχωρισμού της προσοχής. Η πολλαπλή εργασία σπαταλά χρόνο, βλάπτει την παραγωγικότητα και ακόμη βλάπτει τις σχέσεις. Οι έρευνες δείχνουν ότι μόνο το 2,5% των ανθρώπων αποδίδουν καλύτερα ενώ κάνουν δύο εργασίες τη φορά. Παρόλα αυτά, η κοινωνία φαίνεται να είναι εθισμένη στο να πραγματοποιεί πολλές εργασίες συγχρόνως, καταλήγοντας στο να μην γίνεται τίποτα σωστά. Ο Crenshaw ενθαρρύνει την παύση στην εκτέλεση πολλαπλών εργασιών και της εστίαση της πλήρους προσοχής (100%) σε μία μόνο εργασία (Crenshaw, 2008).

2.3. Σχεδιασμός και Παρακολούθηση Έργου

Η κρίσιμη αλυσίδα (CC) είναι η μεγαλύτερη αλυσίδα και καθορίζει τον χρόνο παράδοσης του έργου. Βασικά η μέθοδος περιγράφει τον τρόπο καταπολέμησης της εκτόνωσης των εκτιμήσεων διάρκειας εργασίας, που προκαλούνται από την αποφυγή της εργασίας και την αβεβαιότητα. Η διαχείριση buffer (τα συστήματα ειδοποίησης πόρων ή η αποτελεσματική ιεράρχηση της προσοχής των πόρων που θα διασφαλίσουν ότι οι πόροι είναι έτοιμοι όταν είναι ώρα να ενταχθούν σε μια κρίσιμη

αλυσίδα), εισάγεται με σκοπό τον έλεγχο των αβεβαιοτήτων όσον αφορά τον συγχρονισμό του έργου. Οι διαχειριστές πόρων τείνουν να αυξάνουν τις εκτιμήσεις χρόνου παράδοσης, καθώς αναμένεται να δώσουν αξιόπιστες πληροφορίες (Tukel & Rom, 2006).

Για παράδειγμα (σχήμα 1): όταν η διάρκεια μιας εργασίας υπολογίζεται σε μια προσπάθεια εργασιών πέντε ημερών, που συνήθως αντιπροσωπεύουν 50% εμπιστοσύνη, ο διαχειριστής πόρων αποφεύγει την αβεβαιότητα και εκτείνεται ο επιβεβαιωμένος χρόνος παράδοσης έως και 10 ημέρες, υπό την προϋπόθεση ότι οι διαταραχές θα οδηγήσουν σε καθυστέρηση. Ωστόσο, από εκείνη τη στιγμή μπορεί κανείς να εξακριβώσει ότι η διάρκεια της εργασίας θα είναι τουλάχιστον 10 μέρες. Αυτό συμβαίνει λόγω των μηχανισμών της φυσικής ανθρώπινης συμπεριφοράς. Δεδομένου ότι οι εργαζόμενοι είναι υποχρεωμένοι να μείνουν απασχολημένοι τείνουν να κάνουν πολλαπλές εργασίες και ως εκ τούτου αρχίζουν να εκτελούν άλλες δραστηριότητες. Θα ξεκινήσουν μόνο να εργάζονται στα μη υποχρεωτικά τους καθήκοντα όταν πλησιάζει η προθεσμία, συμπεριφορά που χαρακτηρίζεται ως «φοιτητικό σύνδρομο» που σημαίνει ότι αφήνουμε τα πάντα στην τελευταία στιγμή. Εν πάση περιπτώσει, το έργο θα επεκταθεί τουλάχιστον στο διαθέσιμο χρόνο (νόμος του Parkinson). Ως εκ τούτου, η καθυστέρηση του εκτιμώμενου «ασφαλούς» χρόνου παράδοσης είναι πολύ πιο πιθανή από ό, τι μια πρόωμη εκτέλεση (Esemble Consulting Group, 2018).

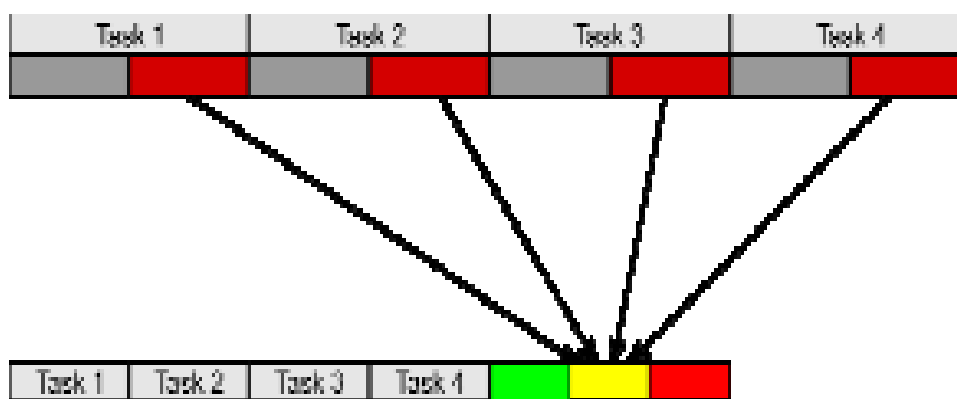


Σχήμα 1: Εκτιμήσεις χρόνου εκτέλεσης και εμπιστοσύνη. Ανατύπωση από Esemble Consulting Group, (2018).

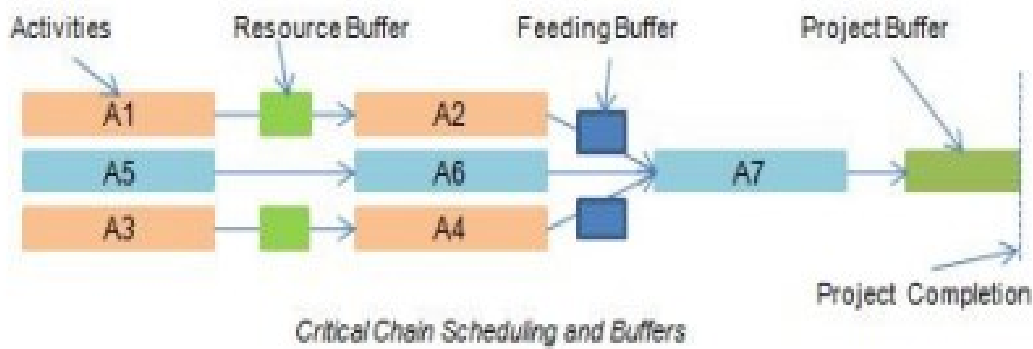
Με την CCPM εισάγονται οι ακόλουθοι μηχανισμοί για αντίσταση στην καθυστέρηση του έργου:

- Προσδιορισμός της κρίσιμης αλυσίδας αφαιρώντας την ασφάλεια κάθε μεμονωμένης εργασίας. Είναι σημαντικό να εμπλέκονται οι εξαρτήσεις εργασιών προτεραιότητας και οι εξαρτήσεις πόρων.
- Προστασία της κρίσιμης αλυσίδας με την εφαρμογή buffer. Το CCPM εφαρμόζει τρεις τύπους buffer. Μειώσεις χρόνου, που θα επιτευχθούν με την κατάργηση της ασφάλειας μεμονωμένων εργασιών στην κρίσιμη αλυσίδα, προστεθούν στο buffer έργου (1), σύμφωνα με το Σχήμα 2. Το buffer έργου τοποθετείται στο τέλος της εργασίας. Τα buffer τροφοδοσίας (2) εμποδίζουν την καθυστέρηση της έναρξης των μη κρίσιμων αλυσίδων να εμποδίσουν τις εργασίες κρίσιμης αλυσίδας (σχήμα 3, όπου το A5-A6-A7 αφορά την κρίσιμη αλυσίδα). Τα buffer πόρων (3) είναι πιο συγκεκριμένα buffers τροφοδοσίας και τοποθετούνται για να εγγυηθούν τη διαθεσιμότητα πόρων για κάθε εργασία στην κρίσιμη αλυσίδα.

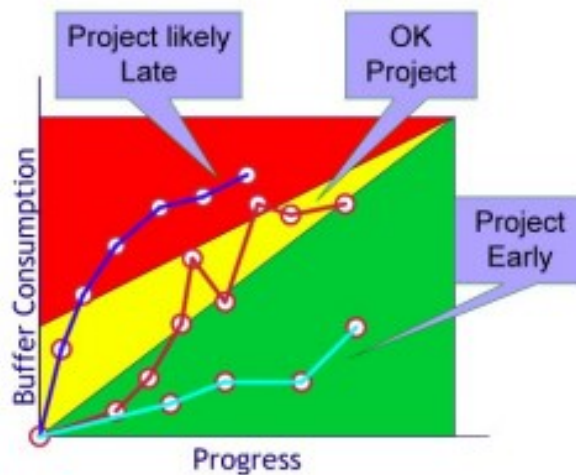
Παρακολούθηση της προόδου του έργου παρακολουθώντας τη χρήση των buffer. Επομένως, ένα γράφημα κατάστασης buffer έργου (ονομάζεται επίσης «γράφημα πυρετού») χρησιμοποιείται (σχήμα 4). Η πράσινη ζώνη δείχνει ότι το έργο εκτελείται σύμφωνα με το σχέδιο, η κίτρινη ζώνη δείχνει ότι η ομάδα του έργου πρέπει να προετοιμαστεί για δράση, το κόκκινο επισημαίνει τη ζώνη ότι οι προετοιμασμένες ενέργειες πρέπει να εκτελεστούν (τα χρώματα αναφέρονται επίσης στο έγχρωμο buffer έργου του σχήματος 2) (Esemble Consulting Group, 2018).



Σχήμα 2: Μείωση χρόνου εργασίας και buffer έργου. Ανατύπωση από www.chronolist.com.



Σχήμα 3: Buffer τροφοδοσίας και buffer πόρων.



Σχήμα 4: Γράφημα κατάστασης buffer έργου. Ανατύπωση από www.tutorialspoint.com.

Ο Newbold (1998) παρέχει μια προσέγγιση τριών βημάτων για τον προσδιορισμό της κρίσιμης αλυσίδας. Εισάγοντας τα τρία βήματα εκ των προτέρων, ο Newbold δηλώνει ότι σημαντικές προϋποθέσεις για ένα πρόγραμμα κρίσιμης αλυσίδας είναι ότι πρέπει να είναι ρεαλιστική, σταθερή, να αντιμετωπίζει με αξιοπιστία την αβεβαιότητα, να παρέχει πληροφορίες για το ποιες εργασίες είναι βασικές, και πρέπει να βασίζεται σε παγκόσμια παρά τοπικά βέλτιστα. Η ποιότητα ενός προγράμματος κρίσιμης αλυσίδας μετρείται από το πόσο γρήγορα ολοκληρώνεται το έργο και από το ποσό του WIP [Η εργασία σε διαδικασία (WIP) ορίζεται ως: η ποσότητα της εργασίας που βρίσκεται σε εξέλιξη στο έργο]: Όσο πιο γρήγορα ένα έργο τελειώνει, τόσο περισσότερη απόδοση θα δημιουργηθεί. Στην πράξη, το ποσό του WIP διατηρείται χαμηλό κατά τον προγραμματισμό εργασιών όσο το δυνατόν αργότερα (ALAP- As Late As Possible), φυσικά εντός του προστατευόμενου γρήγορου έργου. Τα τρία βήματα των

συμβουλών του Newbold για τη δημιουργία ενός χρονοδιαγράμματος κρίσιμης αλυσίδας περιλαμβάνουν:

1. Δημιουργήστε το αρχικό σχέδιο. Το αρχικό σχέδιο ξεκινά με τη δημιουργία ενός χρονοδιαγράμματος σύμφωνα με την CPM, το οποίο ορίζεται σε τύπο δραστηριότητα-σε-κόμβο. Το γράφημα εμφανίζεται ένα τυπικό γράφημα τύπου Gantt. Οι εργασίες πρέπει να είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο σύμφωνα με τις εξαρτήσεις προτεραιότητας. Το PERT (Program Evaluation and Review Technique) θα μπορούσε επίσης να είναι χρήσιμο. Όλες οι εργασίες έχουν αρχικά οριστεί ως ALAP, η διάρκεια των εργασιών είναι μέσες εκτιμήσεις που σημαίνει ότι θα είχαν ολοκληρωθεί εκείνη τη στιγμή που καθορίζονται και δεν επιτρέπουν την ατομική ασφάλεια των εργασιών. Αυτή η διαδικασία προσδιορίζει τη μεγαλύτερη διαδρομή μέσω του δικτύου και οδηγεί σε υπερεπιχειρημένους πόρους.

2. Ισοπέδωση φορτίου. Προκειμένου να εξισορροπηθεί το φορτίο των υπερβολικά δεσμευμένων πόρων, οι εργασίες μετακινούνται έτσι ώστε να αποτρέπεται η υπερφόρτωση. Αυτή η διαδικασία ξεκινά με τις πιο πρόσφατες υπερφορτωμένες εργασίες του προγράμματος, μετακίνηση τους νωρίτερα (που σημαίνει από το μέλλον στο παρελθόν). Με αυτόν τον πόρο συνεχούς διαδικασίας, οι εξαρτήσεις καθορίζουν την ισοστάθμιση φορτίου. Η συμβουλή δεν είναι να αναζητηθεί η καλύτερη ή η βέλτιστη λύση, αλλά μόνο για μια αρκετά καλή λύση. Αυτή η διαδικασία μπορεί να οδηγήσει σε εργασίες που ξεκινούν από το παρελθόν, το οποίο πρέπει να επιλυθεί μετακινώντας ολόκληρο το πρόγραμμα στο μέλλον.

3. Προσδιορίστε την κρίσιμη αλυσίδα. Η κρίσιμη αλυσίδα είναι το σύνολο των εργασιών που καθορίζει τη συνολική διάρκεια του έργου, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την προτεραιότητα όσο και τις εξαρτήσεις πόρων. Δεδομένου ότι όλες οι εργασίες έχουν ρυθμιστεί ALAP, οι εργασίες δεν μπορούν να προωθηθούν στο μέλλον χωρίς να προωθηθεί η ημερομηνία ολοκλήρωσης. Οι εργασίες κρίσιμης αλυσίδας αφορούν εκείνες τις εργασίες που δεν μπορούν να μετακινηθούν ούτε στο παρελθόν, χωρίς να μετακινηθεί η ημερομηνία έναρξης του προγράμματος.

2.4. Ελλείψεις και Κίνδυνοι

Η αντίσταση στην ενσωμάτωση CCPM, είτε σε συγκεκριμένες περιπτώσεις είτε γενικά, αναφέρεται σε διάφορες ελλείψεις, οι οποίες θα επισημανθούν σε αυτήν την

ενότητα. Ο Steyn (2000) δηλώνει ότι η μετατόπιση του CCPM είναι τόσο ριζικά διαφορετική που δεν είναι ρεαλιστικό να περιμένουμε βελτίωση χωρίς αλλαγή και η αλλαγή θα οδηγήσει αναπόφευκτα σε αντίσταση. Ο Ballard (2005) περιγράφει την εφαρμογή της CCPM στην Intel. Η αντίσταση εμφανίστηκε κυρίως λόγω έλλειψης αίσθησης του επείγοντος να αλλάξει σε ένα νέο μοντέλο ομάδας. Ο Casey (2005) περιγράφει μια περίπτωση ενός προγράμματος αμυντικού αεροσκάφους, όπου το CCPM απορρίφθηκε λόγω συλλογικής αντίστασης. Η αντίσταση βασίστηκε κυρίως στο γεγονός ότι το προσωπικό δεν ήταν απολύτως πεπεισμένο για ένα κενό απόδοσης και ως εκ τούτου αμφισβήτησε σε μεγάλο βαθμό την ανάγκη για καινοτόμο λύση. Μια μελέτη περίπτωσης στη Bosch CCTV, στην Ολλανδία (Dilmaghani, 2008) εντόπισε ότι στην Bosch αντιμετώπισαν προβλήματα με την εφαρμογή CCPM και δεν πέτυχαν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η συχνή αναδιάταξη των πόρων φαίνεται να αποτελεί πρόβλημα και οδήγησε σε μη διαθεσιμότητα των απαιτούμενων πόρων της γνώσης. Η μελέτη αναφέρει επίσης αντίσταση στην CCPM λόγω αντίστασης στο δίκτυο έργων σε ολόκληρη την εταιρεία. Η μελέτη εντοπίζει την έλλειψη λεπτομερών διαδικασιών για την εφαρμογή CCPM στο σύνολο του χαρτοφυλακίου.

3. Συνάφεια και πρακτικές της CCPM

3.1. Υιοθέτηση CCPM

Οι Millhiser και Szmerekovsky (2012) αναφέρουν ότι δεν υπάρχει επιστημονική μελέτη που να αξιολογεί μετρήσιμες απόδοσης ενός δείγματος έργων ελεγχόμενων από CCPM έναντι έργων που ελέγχονται με παραδοσιακό τρόπο. Παρ'όλα αυτά, οι Millhiser και Szmerekovsky παραθέτουν τεκμηριωμένες αναφορές επιχειρήσεων. Παρά την έλλειψη αξιολόγησης από ομοτίμους, αυτές οι αναφορές εκφράζουν βελτιώσεις, σημαντική εξοικονόμηση χρόνου, κερδοφορία, ικανοποίηση πελατών και ενθουσιασμό εργαζομένων. Η έρευνά τους παρέχει έναν πίνακα 53 οργανισμών στους οποίους τεκμηριώθηκαν βελτιώσεις στη διαχείριση έργων λόγω CCPM. Επιπλέον, οι Millhiser και Szmerekovsky υπογραμμίζουν τη μεγάλη υιοθέτηση της CCPM από το Ιαπωνικό Υπουργείο Γης, Υποδομών και Μεταφορών, οδηγώντας ακόμη και στην ανακοίνωση της κυβέρνησης ότι η CCPM θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε όλα τα έργα (περίπου 20.000 έργα ετησίως). Παρ'όλα αυτά, οι Millhiser και Szmerekovsky θεωρούν πιθανό οι εταιρείες να δημοσιεύουν περισσότερες πιθανότητες επιτυχίας από τις αποτυχίες και ως εκ τούτου αναμένεται ότι οι αποτυχημένες προσπάθειες για τη χρήση CCPM δεν αναφέρονται. Η έρευνά τους αναφέρει επίσης ανησυχία για τη διατήρηση της CCPM. Εν πάση περιπτώσει, οι Millhiser και Szmerekovsky βρίσκουν την CCPM αρκετά κατάλληλη, προωθώντας τη διδασκαλία της CCPM σε μαθήματα διαχείρισης επιχειρήσεων και διαχείρισης έργων, γιατί, σύμφωνα με τα ευρήματά τους, η CCPM προωθεί περισσότερη ανιδιοτελή συνεργασία στους οργανισμούς.

3.2. Η μετατόπιση παραδείγματος της CCPM

Οι Lechler, et al (2005) και ο Steyn (2000), δηλώνουν ότι η CCPM θεωρείται μια καινοτόμος εξαιρετικά ευεργετική ιδέα για τη διαχείριση έργων. Φαίνεται εξαιρετικά διαφορετική από την καθιερωμένη μέθοδο κρίσιμου μονοπατιού (CPM). Αναφέρουν επίσης τη μετατόπιση παραδείγματος που συμβαίνει τόσο με το TOC όσο και με την CCPM και υποστηρίζουν ότι η υιοθέτηση της CCPM περιλαμβάνει αλλαγή. Οι Lechler, et al (2005) εντόπισαν πολλές εταιρείες που απέτυχαν να εφαρμόσουν την CCPM λόγω αποτυχίας στην αλλαγή συμπεριφοράς και στη διαχείριση της πολυπλοκότητας του buffer. Ο Leach (2005) ανέφερε επίσης το σημαντικό βήμα που

παρέχει η CCPM στις πρακτικές διαχείρισης έργου και εντόπισε ουσιαστικές αλλαγές, σε σχέση με τις υπάρχουσες πρακτικές. Είναι αξιοσημείωτο ότι η θεωρητική απόδειξη της έννοιας CCPM επικεντρώνεται στην οργανική πλευρά της CCPM. Η απόδειξη παρέχεται συχνά από μια μαθηματική προσέγγιση μέσω προσομοιώσεων και απλώς φαίνεται να αγνοεί το αποτέλεσμα ανθρώπινων συμπεριφορών (Tsai-Chi Kuo et al, 2009).

Οι Herroelen και Leus (2001) επιχειρούν να εντοπίσουν τις παγίδες της CCPM. Το κύριο μέλημά τους είναι η υπερβολική απλοποίηση του μεγέθους του buffer, χρησιμοποιώντας μάλλον απρόσεκτους κανόνες όπως ο κανόνας 50%. Οι Herroelen και Leus αναφέρουν μια ανάγκη για σκόπιμα πακέτα λογισμικού, καθώς ο προγραμματισμός της κρίσιμης αλυσίδας είναι πολύπλοκος. Μια άλλη ανησυχία αφορά την ανάγκη για ταμειακές ροές από λογιστική άποψη. Η μείωση του WIP μπορεί να αντικαταστήσει στην ανάγκη για ορισμένες δραστηριότητες να ξεκινήσουν το συντομότερο δυνατόν, προκειμένου να δημιουργηθεί ταμειακή ροή, ειδικά σε έργα έντασης κεφαλαίου. Οι Lechler, et al (2005), αναρωτιούνται εάν η έννοια του CCPM θα αντικαταστήσει τελικά το CPM ως βασικό παράδειγμα διαχείρισης έργου και δηλώνουν ότι μπορεί να χρειαστούν χρόνια για να απαντήσουν στην ερώτηση, καθώς φαίνεται δύσκολο να αλλάξουν οι μακροχρόνιες πρακτικές διαχείρισης. Πιο συγκεκριμένα αμφισβητούν εάν οι μηχανισμοί CCPM, όπως η μείωση των περιθωρίων ασφάλειας των εργασιών, ο έλεγχος των πολλαπλών εργασιών, η (σύνθετη) διαχείριση buffer, πρακτικά θα διατηρηθεί σε οργανισμούς. Μέχρι στιγμής, δεν υπάρχει απάντηση στη βιβλιογραφία.

Μερικοί ερευνητές υποδεικνύουν τις αρχές της CCPM ως αντιδιασθητικές, καθώς άλλες αρχές, όπως η σκέψη των ορόσημων, ο έλεγχος της προθεσμίας, η άμεση έναρξη κτλ, έχουν ριζωθεί τόσο βαθιά στην κουλτούρα διαχείρισης έργων (Rand, 2000 · Srinivasan et al, 2007). Οι Raz, Barnes και Dvir (2004) βλέπουν την CCPM με κριτική ματιά. Αντιμετωπίζουν την υιοθέτηση της CCPM ως μεθόδου που θα περιλαμβάνει την ανάγκη αλλαγής της κουλτούρας ενός οργανισμού, που περιλαμβάνει βασικά σημεία ως παραίτηση από την κυριότητα της διάρκειας εργασίας, εγκαταλείποντας την έννοια της προθεσμίας και αποφεύγοντας τις πολλαπλές εργασίες. Υποψιάζονται ότι οι επιτυχίες της CCPM υπάρχουν κυρίως σε οργανισμούς που ξεκινούν την CCPM σε συνθήκες αδύναμης ή ακόμη και ανύπαρκτης μεθοδολογίας διαχείρισης έργων. Παρόλο που εκφράζουν τα εύσημα για

τις αρχές CCPM για την αβεβαιότητα διάρκειας, τη διαθεσιμότητα πόρων, τη βασική εστίαση εργασιών, τη διαχείριση buffer και τις διασυνδέσεις εργασιών, συμβουλεύουν τους οργανισμούς να σταθμίζουν πολύ προσεκτικά τους περιορισμούς της CCPM. Οι Raz, Barnes και Dvir φαίνεται να μην έχουν πειστεί για τις βιώσιμες μακροπρόθεσμες συνέπειες της CCPM. Ωστόσο, η CCPM είναι μια μεθοδολογία και οποιαδήποτε μεθοδολογία είναι καλύτερη από καμία καθόλου μεθοδολογία. Ως εκ τούτου, σύμφωνα με το όραμά τους, εάν ένας οργανισμός στερείται αποτελεσματικότητας διεργασιών διαχείρισης έργων και υφίσταται υπερβολικές προθεσμίες, το CCPM θα μπορούσε κάλλιστα να είναι επωφελές.

3.3. Αντίσταση στη CCPM

Ο Giangreco (2002) παρέχει έναν λειτουργικό ορισμό της αντίστασης στην αλλαγή: Η αντίσταση στην αλλαγή είναι μια μορφή οργανωτικής διαφωνίας σε μια διαδικασία αλλαγής (ή πρακτική) που η το άτομο θεωρεί δυσάρεστη ή άβολη, βάσει προσωπικών ή / και ομαδικών αξιολογήσεων. Ο σκοπός της αντίστασης στην αλλαγή είναι να ωφεληθούν τα συμφέροντα του ενδιαφερόμενου ή μιας ομάδας, χωρίς να υπονομεύονται εκτενώς οι ανάγκες του οργανισμού. Η αντίσταση στην αλλαγή εκδηλώνεται σε μη θεσμοθετημένες ατομικές ή συλλογικές δράσεις. Μπορεί να έχει τη μορφή μη βίαιων, αδιάφορων, παθητικών ή ενεργών συμπεριφορών. Δεδομένου ότι οι εταιρείες πρέπει να προσαρμοστούν και να αναζητήσουν συνεχή βελτίωση, όχι μόνο για να ανταγωνιστούν αλλά και για να επιβιώνουν, ο κόσμος περνάει με συνέπεια σε σημαντικές αλλαγές. Αναπόφευκτα η αλλαγή οδηγεί σε αντίσταση και το πρόβλημα είναι ακόμη αρκετά κοινό. Η αντίσταση στην αλλαγή μεταξύ ανθρώπων και εταιρειών μειώνει δραστικά την επιτυχία κάθε επιχείρησης (Gonçalves & Gonçalves, 2012).

Η αντίσταση στην CCPM, είτε σε συγκεκριμένες περιπτώσεις είτε γενικά, όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, αναφέρονται από διάφορους ερευνητές. Ο Gardner (2009) ανέφερε ότι η παρουσία αντίστασης από τους υπαλλήλους ήταν ένας παράγοντας που επηρεάζει στο 82% των εταιρειών που απάντησαν για λόγους αποτυχίας. Ο Gardner δήλωσε ότι τα έργα αλλαγής αποτυγχάνουν λόγω της οργανωτικής αντίστασης σχεδόν δύο φορές συχνότερα σε σχέση με οποιαδήποτε τεχνικά ζητήματα. Η αντίσταση στην αλλαγή από τους υπαλλήλους θα πρέπει να

είναι παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη για τα ποσοστά επιτυχίας υλοποίησης CCPM.

Ο Aitken (2012) περιγράφει επτά επίπεδα αντίστασης που συνοδεύουν την εφαρμογή της CCPM. Αυτά τα επτά επίπεδα αφορούν: (1) Έλλειψη αναγνώρισης του ίδιου του προβλήματος, (2) Έλλειψη κατανόησης του προβλήματος, (3) Καμία συμφωνία με την κατεύθυνση της λύσης, (4) Πρόκληση του ερωτήματος εάν οι αλλαγές θα επιτύχουν τους στόχους τους, (5) Η αλλαγή αμφισβητείται λόγω ύπαρξης αρνητικής πλευράς, (6) αυξανόμενα εμπόδια στην εφαρμογή και (7) εμφάνιση όλων των φόβων που δεν ειπώθηκαν στα προηγούμενα επίπεδα, προκειμένου να αποφευχθεί η αντιμετώπισή τους.

Τα επίπεδα αντίστασης στην αλλαγή προέρχονται από τα βασικά ζητήματα αλλαγής του TOC.

1. Τι πρέπει να αλλάξει; (Ποιο είναι το πρόβλημα που προσπαθούμε να αντιμετωπίσουμε;)
2. Σε τι να αλλάξει; (Ποια είναι η λύση μας σε αυτό το πρόβλημα;)
3. Πώς να προκληθεί η αλλαγή; (Πώς να εφαρμόσετε τη λύση;)

Τα τρία ερωτήματα της αλλαγής τονίζουν έτσι όχι μόνο τι πρέπει να καλυφθεί σε μια προσπάθεια αλλαγής, αλλά επίσης, και εξίσου σημαντικό, η εγγενής σειρά με την οποία αυτή η προσπάθεια πρέπει να εκτελεστεί. Δεν έχει νόημα να μιλάμε για τη λύση πριν συμφωνήσουμε στο πρόβλημα, και δεν έχει νόημα να μιλάμε για τα βήματα εφαρμογής πριν συμφωνήσουμε στη λύση. Ως εκ τούτου, τα τρία ζητήματα της αλλαγής λειτουργούν ως τα βασικά επίπεδα αντίστασης που πρέπει να ξεπεραστεί. Η επίγνωση των τριών βασικών επιπέδων αντίστασης αρκεί για τη βελτίωση πολλών συζητήσεων σχετικά με την αλλαγή. Οποιαδήποτε διαφωνία σχετικά με την εφαρμογή της αλλαγής, οδηγεί στο ερώτημα αν υπάρχει διαφωνία σχετικά με την εφαρμογή, αν υπάρχει διαφωνία σχετικά με τη λύση, ή αν υπάρχει πρόταση σχετικά με τη λύση ενός άλλου προβλήματος που προέχει (διαφωνία σχετικά με το πρόβλημα). Άρα το πρώτο πράγμα που πρέπει να γίνει είναι να υπάρξει συμφωνία για το ποιο είναι το πρόβλημα. Στη συνέχεια η προσπάθεια μπορεί να προχωρήσει στην εύρεση της λύσης. Εάν δεν υπάρξει συμφωνία, τουλάχιστον μπορεί να υπάρξει επιστροφή στο αρχικό σημείο (Goldratt-Ashlag, 2010).

3.4. Παράγοντες υλοποίησης CCPM

Ο Newbold (1998) παρέχει μια λίστα ελέγχου για την εφαρμογή της CCPM. Συνοπτικά, οι βασικές έννοιες της εφαρμογής περιλαμβάνει:

- Περιγράψτε το σύστημά σας.
- Ορίστε τον στόχο και τις απαραίτητες συνθήκες του συστήματός σας.
- Φανταστείτε με ποιους τρόπους η οργάνωση θα φαινόταν διαφορετική αν ήταν στον κόσμο της απόδοσης.
- Εξετάστε τον οργανισμό με την άποψη ότι υπάρχουν σημεία μόχλευσης (και στρατηγικοί πόροι και αγοράς).
- Αναζητήστε άτομα και πολιτικές που μπορούν να σας αποκλείσουν.
- Διατηρήστε τη λύση όσο το δυνατόν πιο απλή, ειδικά σε εννοιολογικό επίπεδο.

Ο Repp (2012) ερεύνησε σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία υλοποίησης της CCPM. Η έρευνα αποκαλύπτει ότι η βαθιά κατανόηση των αρχών TOC και CCPM αυξάνει το ποσοστό επιτυχίας της εφαρμογής CCPM. Η χρήση τεχνικών διαχείρισης αλλαγών (όπως η χρήση περιφερειακών ενδιαφερόμενων μερών και η διατήρηση του buy-in καθ' όλη τη διάρκεια της εφαρμογής) αυξάνει την πιθανότητα επιτυχημένης εφαρμογής. Η αδυναμία εξάλειψης πολλαπλών εργασιών οδηγεί σε εφαρμογές χαμηλής επιτυχίας. Ο Repp εντόπισε επίσης την ανάγκη για έρευνα της διατήρησης της CCPM σε έναν οργανισμό, αντί για εστίαση αποκλειστικά στην εφαρμογή. Η οργανωτική δομή θεωρείται βασικός παράγοντας.

Ο Steyn (2002) υποδεικνύει ότι, για την επιτυχή εφαρμογή της CCPM σε περιβάλλον πολλαπλών έργων, μεγιστοποιείται ο αριθμός των ταυτόχρονων έργων. Τα λεγόμενα διασταυρούμενα έργα (pipelining) αφορούν έναν σημαντικό μηχανισμό. Διάφορες αναφορές δείχνουν ότι η δημιουργία ενός προγράμματος κρίσιμης αλυσίδας είναι αρκετά δύσκολη (Newbold, 1998 · Steyn, 2000). Απαιτείται τακτοποιημένος προσδιορισμός προκάτοχου και διάδοχου και η συμμετοχή κρίσιμων αριθμών πόρων. Αυτές οι απαιτήσεις οδηγούν στην ανάγκη υπολογιστικής βοήθειας, που περιλαμβάνει βέλτιστους αλγόριθμους για την ισοπέδωση πόρων. Προφανώς η ανάπτυξη του λογισμικού CCPM έχει εξελιχθεί την τελευταία δεκαετία. Οι Millhiser και Szmerekovsky (2012) παρέχουν μια λίστα με εννέα προμηθευτές λογισμικού διαχείρισης έργων με δυνατότητες CCPM.

3.5. Φυσικές συμπεριφορές

Η CCPM καταπολεμά τις φυσικές συμπεριφορές που οδηγούν στην αναβλητικότητα (Goldratt, 1997), όπως παραδείγματος χάρη Νόμος του Parkinson, το φοιτητικό σύνδρομο και οι πολλαπλές εργασίες. Το τελευταίο θεωρείται το μεγαλύτερο εμπόδιο του χρόνου παράδοσης. Ο νόμος του Parkinson, δήλωσε ότι είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο που επεκτείνεται ο διαθέσιμος χρόνος για την ολοκλήρωση της εργασίας. Αρχικά ο Parkinson έθεσε το θέμα λόγω παρατήρησης των αξιωματούχων, οι οποίοι θέλουν να πολλαπλασιάσουν τους υφισταμένους και να κάνουν δουλειά ο ένας για τον άλλον. Αργότερα το θέμα συνδέθηκε με μια φυσική συμπεριφορά της αναβλητικότητας. Το τελευταίο είναι η προοπτική του πώς το είδε ο Goldratt.

Ο Steel (2007) δηλώνει ότι υπάρχει πράγματι μια φύση της αναβλητικότητας. Δηλώνει ακόμη και ότι μαστίζει τα ανθρώπινα όντα τουλάχιστον από τη γέννηση του πολιτισμού. Σύμφωνα με την έρευνα, τα προβλήματα που σχετίζονται με την αναβλητικότητα αυξάνονται. Η έρευνα εντοπίζει επίσης ότι οι θέσεις εργασίας γίνονται πιο μη δομημένες, ελλείπει επιβαλλόμενης κατεύθυνσης, με αποτέλεσμα οι εργαζόμενοι να δημιουργούν τάξη από μόνοι τους και ως εκ τούτου απαιτούνται ικανότητες αυτοδιαχείρισης. Εμφανίζονται ψυχο-αναλυτικές, συμπεριφορικές, γνωστικές και προοπτικές προσωπικότητας σχετικά με την αναβλητικότητα. Τα κίνητρα επίτευξης, η νοημοσύνη και η συνείδηση σχετίζονται με την αναβολή της εργασίας. Η εξωστρέφεια είναι ένας παράγοντας της προσωπικότητας που κινεί την αναβλητικότητα (Ferrari et al, 1995). Επιπλέον είναι προφανές ότι οι άνθρωποι υποτιμούν έκπτωση το μελλοντικό κόστος της αναβλητικότητας ενώ προτιμούν την εκτέλεση πιο ευχάριστων πραγμάτων (König & Kleinmann, 2004).

Οι πολλαπλές εργασίες, που ορίζονται επίσης ως κατακερματισμός της εργασίας, η οποία ορίζεται ως διάλειμμα στη συνεχή εργασία, φαίνονται ως κοινή πρακτική (Mark et al, 2005). Είναι γεγονός ότι οι πολλαπλές εργασίες θα μπορούσε να είναι επιζήμιες. Απαιτείται συχνά νέος χρόνος εκκίνησης για να υπάρξει εκ νέου προσανατολισμός σε μια δραστηριότητα. Αφ'ετέρου φαίνεται επίσης ένα πιθανό θετικό αποτέλεσμα. Η εναλλαγή εργασιών θα μπορούσε να χρησιμεύσει για την ανανέωση και να παρέχει νέες ιδέες. Η εναλλαγή πολλαπλών εργασιών υπάρχει με όλες τις γενιές και όλοι μοιράζονται διανοητικούς περιορισμούς που επηρεάζουν ποιες εργασίες μπορούν να συνδυαστούν. Αν και οι νεότερες γενιές αναφέρουν

χαμηλότερες βαθμολογίες δυσκολίας, ορισμένοι βασικοί ανθρωπίνι περιορισμοί φαίνεται να είναι κοινοί σε όλες τις γενιές (Carrier et al, 2009).

Ο Crenshaw (2008) περιγράφει την εναλλαγή εργασιών ως μια μορφή διαχωρισμού της προσοχής. Η πολλαπλή εργασία σπαταλά χρόνο, βλάπτει την παραγωγικότητα και ακόμη βλάπτει τις σχέσεις. Τα πειράματα δείχνουν ότι μόνο το 2,5% των ανθρώπων μπορούν να αποδίδουν το ίδιο ή καλύτερα, εκτελώντας δύο εργασίες τη φορά. Παρόλα αυτά, η κοινωνία φαίνεται να είναι εθισμένη να κάνει πράγματα άμεσα, άρα κάποιος προσπαθεί να τα κάνει όλα ταυτόχρονα καταλήγοντας σε τίποτα δεν γίνεται. Ο Crenshaw ενθαρρύνει την παύση στην εκτέλεση πολλαπλών εργασιών προτείνει την πλήρη προσοχή (100%) στην εργασία που επείγει.

3.6. Παραδείγματα διαχείρισης έργου

Η CCPM περιλαμβάνει μια μετατόπιση παραδείγματος στη διαχείριση έργων. Τα εργαλεία και οι τεχνικές εκθέτουν τη φύση του παραδείγματος. Ο Pollack (2007) εξέτασε ακαδημαϊκή βιβλιογραφία σχετικά με τη διαχείριση έργων σε σχέση με τα σκληρά και μαλακά παραδείγματα και διαπίστωσε ότι παραδοσιακά η διαχείριση έργων έχει βαθιά ρίζα στο σκληρό παράδειγμα, καθώς επηρεάζει το ρόλο που παραδοσιακά αναμένεται να διαδραματίσουν οι διαχειριστές έργων. Η διαχείριση του έργου έχει αναπτυχθεί τυπικά από τους κλάδους της άμυνας, της μηχανικής, των κατασκευών και της αεροδιαστημικής. Από την άλλη με την εισαγωγή της βασικής γραμμής ικανοτήτων, προσεγγίζεται η διαχείριση έργων από τις προοπτικές τεχνικών, συμπεριφορικών και συμφραζομένων ικανοτήτων (Caupin et al, 2006).

Οι πρακτικές σκληρών παραδειγμάτων που ανιχνεύθηκαν από τον Pollack (2007) τείνουν να υπογραμμίζουν την αποτελεσματική παράδοση με ειδικούς ελέγχους έναντι προκαθορισμένων στόχων και ενδιαφέρον για την υποκείμενη δομή.

Για την διαχείριση έργου, οι μεθοδολογίες έχουν αναπτυχθεί πρακτικά μόνο κάτω από το σκληρό παράδειγμα, ενώ θεωρούνται σαφείς και σταθεροί στόχοι. Η διαχείριση έργου χρησιμοποιείται παραδοσιακά για την επίλυση προβλημάτων και όχι για τη δομή των προβλημάτων. Οι πρακτικές μαλακών παραδειγμάτων δίνουν έμφαση στη μάθηση, τη συμμετοχή και συνήθως δείχνουν ενδιαφέρον για υποκείμενες κοινωνικές διαδικασίες. Το μαλακό παράδειγμα συνήθως λείπει, καθώς

δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου εφαρμογή πρακτικών διαχείρισης ανθρώπινων πόρων που υιοθετήθηκαν με τις πρακτικές διαχείρισης έργου

Ο Pollack (2007) ανιχνεύει ότι τα εργαλεία και οι τεχνικές βρίσκουν κυρίως την προέλευσή τους στο σκληρό παράδειγμα, κυρίως εστιάζοντας στις προϋποθέσεις και ενέργειες για την ολοκλήρωση των παραδόσεων. Τυπικό σκληρό παράδειγμα, τα παραδοσιακά εργαλεία διαχείρισης έργων που αφορούν δομές κατανομής εργασίας (work breakdown structures -WBS), ανάλυση δικτύου όπως η τεχνική αξιολόγησης και αναθεώρησης προγράμματος (program evaluation and review technique -PERT) και η μέθοδος κριτικού μονοπατιού (critical path method -CPM). Τα εργαλεία και οι τεχνικές θεωρούνται αποτελεσματικές σε απλές και σταθερές καταστάσεις, αλλά λιγότερο χρήσιμες σε πιο χαοτικές καταστάσεις. Τα εργαλεία και οι τεχνικές δίνουν έμφαση στον κεντρικό έλεγχο των προκαθορισμένων στόχων. Η πραγματικότητα ωστόσο δείχνει ότι οι στόχοι και τα σχέδια θα αλλάξουν στην πορεία. Ως εκ τούτου, οι διαχειριστές έργων πρέπει να είναι πρόθυμοι να προσαρμοστούν στην αβεβαιότητα.

Ο ορισμός και η αξιολόγηση μπορούν να γίνουν μια συνεχής διαδικασία. Η μελέτη σχετικά με τη χρήση εργαλείων και τεχνικών διαχείρισης έργων δείχνει στοιχεία ότι τα εργαλεία και οι τεχνικές θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε ορισμένες φάσεις του έργου, προκειμένου να συμβάλλουν στην επιτυχία του έργου (Patanakul et al, 2010). Η έρευνα εντοπίζει ότι τα εργαλεία και οι τεχνικές χρησιμοποιούνται απλώς λόγω της δημοτικότητάς τους και όχι από γνωστά οφέλη. Ένα πολύ γνωστό και δημοφιλές εργαλείο διαχείρισης έργου αφορά το «γράφημα ράβδων» ή – όπως ονομάζεται μέσα από τον κατασκευαστή του- «Διάγραμμα Gantt». Η προέλευση του γραφήματος Gantt χρονολογείται πάνω από έναν αιώνα και τοποθετείται έντονα σε σύνδεση με τις αρχές επιστημονικής διαχείρισης του F.W. Taylor, επίσης γνωστές ως Taylorism (Wilson, 2003). Τα γραφήματα Gantt χρησιμοποιούνται για την εμφάνιση προγραμμάτων, για τη συμμετοχή ατόμων στον προγραμματισμό και διευκολύνουν την επικοινωνία. Ο Wilson δηλώνει ότι, παρά τα συντριπτικά πρακτικά προβλήματα, τα διαγράμματα Gantt εξακολουθούν να έχουν ρόλο στην παροχή μιας χρήσιμης διαδραστικής διεπαφής για τους χρήστες, με το να καθορίζουν, να κατανοούν και να δέχονται λύσεις.

Ο Maylor (2001) αμφισβητεί τα παραδοσιακά εργαλεία διαχείρισης έργων όπως CPM, PERT και Gantt chart, δεδομένου ότι, παρά τη χρήση αυτών των εργαλείων, οι υπερβολικές εργασίες του έργου θεωρούνται ο κανόνας σε πολλούς τομείς εμπορικών δραστηριοτήτων. Το γράφημα Gantt εμφανίζεται ένα χρήσιμο εργαλείο για την παρουσίαση πληροφοριών χρόνου, είτε προβλέποντας μελλοντικούς χρόνους είτε αναπαριστώντας παρελθούσες καταστροφές. Η δύναμή του είναι η γραφική, οπτικοποιημένη αναπαράσταση. Τυπικές παγίδες της δύναμης του γραφήματος Gantt είναι ότι το προσωπικό είναι απίθανο να αμφισβητήσει την αξιοπιστία του γραφήματος και μπορεί να οδηγήσει τους υπεύθυνους του έργου στον έλεγχο, αντί να αφήσει την ευθύνη στα μέλη της ομάδας. Ο Maylor ανιχνεύει το CCPM ως μια αρκετά διαφορετική προσέγγιση, δεδομένου ότι λαμβάνει υπόψη την αβεβαιότητα και προβλέπει τη φύση της καθυστέρησης και του τοπικού προστατευτισμού από τους χαλαρούς χρόνους. Το τελευταίο αυξάνει την προσδοκία ότι το CCPM θα χρησιμοποιηθεί ευρύτερα. Παρόλο που το γράφημα Gantt θεωρείται το πιο διαδεδομένο εργαλείο διαχείρισης έργων, για την προώθηση της διαχείρισης έργων, σύμφωνα με τον Maylor, απαιτείται μια διαχείριση πέρα από την προσέγγιση. Με το «πέρα από την προσέγγιση γραφημάτων Gantt» ο Maylor προωθεί τη διαχείριση έργων ως ολοκληρωμένη πειθαρχία, παρά μια αντιδραστική, συμμορφούμενη πειθαρχία.

Ο Ταχέν (2007) συζητά το ρόλο των εικόνων στη διαχείριση έργων. Οι εικόνες παίζουν σημαντικό ρόλο προκειμένου να οπτικοποιηθούν και να γίνουν κατανοητές οι δραστηριότητες του έργου. Ο Ταχέν καταλήγει ότι οι παραδοσιακοί τύποι εικόνων, όπως το γράφημα Gantt και τα σχέδια δικτύου, γίνονται εύκολα πολύπλοκα. Η ενημέρωση και συντήρηση σχεδίων δικτύου και τα γραφήματα Gantt μπορεί να είναι συντριπτικά για δυναμικά (μεταβαλλόμενα) έργα. Όταν τα διαγράμματα γίνονται όλο και μεγαλύτερα, χάνουν τη χρησιμότητά τους. Ο Ταχέν προωθεί τη χρήση εναλλακτικών εικόνων, κάτι που ταιριάζει καλύτερα με τη μετατόπιση της διαχείρισης του έργου προς το απαλό παράδειγμα.

4. Εφαρμογή της Μεθόδου CCPM στις Κατασκευές

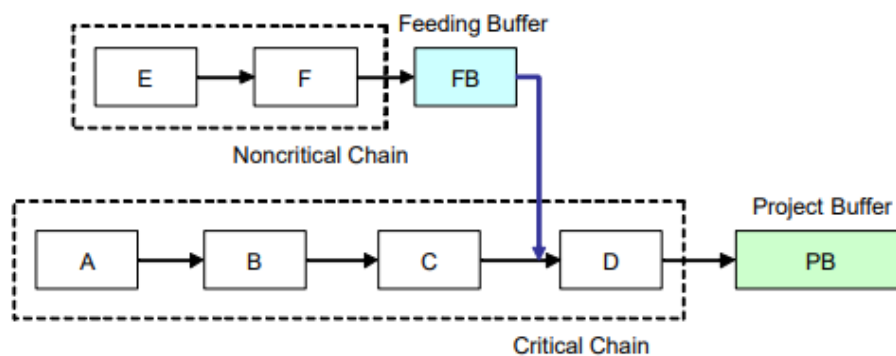
4.1. Εφαρμογή Χρονοδιαγράμματος

Η αντίληψη του χρόνου ως βασικός περιορισμός συνδέεται με την πίεση του χρονοδιαγράμματος, που ορίζεται από τον Yaghootkar και τον Gil (2016), ως ένα κενό μεταξύ των υποθέσεων του διαχειριστή του έργου σχετικά με το χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση του έργου, με την κατανομή των πόρων που είχαν προγραμματιστεί στην αρχή του έργου και του πραγματικού αριθμού ημερών που απαιτείται για την ολοκλήρωση όλων των δραστηριοτήτων στο πλαίσιο του έργου. Η συχνή, μη προγραμματισμένη μεταφορά πόρων ειδικού χαρακτήρα μεταξύ των έργων που αποσκοπούν στην αποκατάσταση της κατάστασης σχετικά με τις καθυστερήσεις του έργου, σε πυρόσβεση, είναι μερικοί από τους λόγους για τον προγραμματισμό πίεσης σε περιβάλλον πολλαπλών έργων. Η έλλειψη ενδεδειγμένης ανάλυσης κατά τη φάση σχεδιασμού, η εγκατάλειψη από την ομάδα του έργου σε αυτήν τη φάση δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την ανάλυση κινδύνου και την αξιολόγηση με ένδειξη μιας στρατηγικής για τον μετριασμό των απειλών, μπορεί να οδηγήσει σε μια κατάσταση συνεχούς πυρόσβεσης σε επόμενα έργα από το χαρτοφυλάκιο, το οποίο θα έχει αρνητικό αντίκτυπο στον οργανισμό (Yaghootkar & Gil, 2012).

Πολλαπλές εργασίες που σχετίζονται με την ανάγκη της οργάνωσης να λειτουργεί σε ένα περιβάλλον πολλαπλών έργων, στο οποίο πολλαπλά έργα που μοιράζονται πόρους υλοποιούνται ταυτόχρονα και η περιορισμένη διαθεσιμότητα «βασικών» πόρων απαιτεί ανταγωνισμό μεταξύ έργων για πρόσβαση σε αυτούς τους πόρους. Οι υπερφορτωμένοι πόροι μετακινούνται μεταξύ έργων ως απάντηση στο τελευταίο, «πιο δυνατό» αίτημα, προσπαθώντας να ικανοποιήσουν όσο το δυνατόν περισσότερους πελάτες. Από την άλλη πλευρά, η καλά σχεδιασμένη ταυτόχρονη εκτέλεση εργασιών μπορεί να είναι ένα σημαντικό στοιχείο της βελτίωσης της αποτελεσματικότητας της δραστηριότητας, της μείωσης της διάρκειας του έργου και της καλύτερης χρήσης των πόρων. Ως εκ τούτου, το ζήτημα της πολλαπλής εργασίας πρέπει να προσεγγιστεί εύκολα, λαμβάνοντας υπόψη τις πραγματικότητες ενός δεδομένου χαρτοφυλακίου ή προγράμματος και καθορίζοντας ανάλογα το βέλτιστο επίπεδό του (Simatupang et al, 2004).

Για τη διαχείριση της αβεβαιότητας στα κατασκευαστικά έργα, η διαχείριση buffer χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της κατανάλωσης και αναπλήρωσης ρυθμιστικών αποθεμάτων, δραστηριοτήτων και έργου. Η διαχείριση buffer μπορεί να παρέχει μια σαφή εικόνα του σωρευτικού αντίκτυπου κινδύνου στην εκτέλεση του έργου. Η κρίσιμη αλυσίδα περιλαμβάνει την εξέταση σχετικά με τον περιορισμό των πόρων και επικεντρώνεται στη διαχείριση των αιτιών της αβεβαιότητας των αιτιών. Η μελέτη πρέπει να επικεντρωθεί στη χρήση του buffer management στο πρόγραμμα, χωρίς σπατάλη χρόνου (Shu-Hui & Ping, 2006).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τρία εκτιμώμενα buffer ενσωματώνονται στην προσέγγιση CPM. Όλες οι διαδικασίες φαίνονται στο σχήμα 5. Το buffer έργου τοποθετείται στο τέλος του έργου, μετά την τελευταία κρίσιμη δραστηριότητα αλυσίδας για προστασία των προγραμμάτων κατά των υπερβάσεων. Το buffer τροφοδοσίας τοποθετείται στη διασταύρωση μεταξύ μη κρίσιμης αλυσίδας και κρίσιμης αλυσίδας, για την προστασία της κρίσιμης αλυσίδας από υπερβάσεις στις αλυσίδες τροφοδοσίας. Το buffer πόρων τοποθετείται στην κρίσιμη αλυσίδα, για να διασφαλιστεί ότι οι πόροι είναι διαθέσιμοι όταν χρειάζεται να προστατεύσουν το πρόγραμμα κρίσιμης αλυσίδας. Βοηθούν επίσης στην αποθήκευση πόρων, στην ασφάλιση διαθεσιμότητας πόρων και δεν προσθέτει χρόνο στην κρίσιμη αλυσίδα (Shu-Hui & Ping, 2006).



Σχήμα 5: Η εφαρμογή των buffer στην κρίσιμη αλυσίδα. Ανατύπωση από Shu-Hui & Ping, (2006).

Στο CCPM, ο Goldratt πρότεινε ότι κατά την εκπόνηση σχεδίου και προγράμματος, ο αρμόδιος για το σχεδιασμό υποθέτει ότι κάθε δραστηριότητα μπορεί να ολοκληρώνει τη δουλειά του στο μεταξύ χωρίς καμία επίπτωση στην αβεβαιότητα. Όλοι οι χρόνοι ασφαλείας στις δραστηριότητες πρέπει να αφαιρούν το περιττό χάσιμο χρόνου.

Επιπλέον, ο Goldratt υποδηλώνει ότι το μέγεθος του buffer είναι 50-50 εκτιμώμενη διάρκεια (Goldratt, 1997).

Ωστόσο, η εκτίμηση του 50% είναι πολύ αυθαίρετη και δύσκολη για εφαρμογή στον πραγματικό κόσμο των κατασκευών. Επίσης, η παραπάνω προσέγγιση είναι ακατάλληλη στο σχέδιο χρονοδιαγράμματος κατασκευής. Προκειμένου να βελτιωθεί το παραπάνω πρόβλημα, μια τροποποιημένη προσέγγιση προτείνεται ώστε να καταστεί το buffer πιο αξιόπιστο. Στις κατασκευές, συνήθως εκτιμάται η διάρκεια κάθε δραστηριότητας με βάση την εμπειρία προγραμματιστή ή υπολογίζεται με τον μέσο ρυθμό παραγωγής. Ωστόσο, η εκτίμηση είναι συνήθως μεγαλύτερη από το μέσο χρόνο, επειδή οι προγραμματιστές προσθέτουν πάντα χρόνο ασφάλειας στη δραστηριότητα, για αποφυγή οποιαδήποτε αβεβαιότητας. Συνήθως, οι περισσότερες εκτιμήσεις της εργασίας δεν μπορούν να διασφαλίσουν 100% προσπάθεια στην δραστηριότητα. Εάν η εκτίμηση δραστηριότητας δεν είναι 100%, η προσπάθεια ή οι άνθρωποι εργάζονται με χαλαρή στάση, η διάρκεια της δραστηριότητας θα μειωθεί και θα αφαιρεθεί ο χρόνος ασφαλείας (Shu-Hui & Ping, 2006).

4.2. CCPM σε Περιβάλλον Πολλαπλών Έργων

Η ολοκλήρωση μιας εργασίας σε ένα έργο καθορίζεται από την ολοκλήρωση των προηγούμενων εργασιών και τη διαθεσιμότητα των κατάλληλων πόρων. Ο βασικός περιορισμός που εμποδίζει την επίτευξη του υποτιθέμενου στόχου και αποτελεί τη μέγιστη μείωση του χρόνου ολοκλήρωσης του έργου, είναι η διάρκεια των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την εκτέλεση των εργασιών της κρίσιμης πορείας. Στην παραδοσιακή προσέγγιση, κατά τον προσδιορισμό της κρίσιμης πορείας λαμβάνονται υπόψη μόνο οι λογικές σχέσεις μεταξύ των εργασιών, δηλαδή η αιτία και η αλληλουχία αποτελέσματος των δραστηριοτήτων. Μια βασική πτυχή της εναλλακτικής μεθόδου που προτείνει η Goldratt είναι η αντικατάσταση της κρίσιμης διαδρομής με την κρίσιμη αλυσίδα. Κατά τον προσδιορισμό της κρίσιμης αλυσίδας, λαμβάνονται υπόψη και οι δύο λογικές σχέσεις μεταξύ των εργασιών και των εξαρτήσεων πόρων (διαθεσιμότητα των πόρων που απαιτούνται για την εκτέλεση της εργασίας σε μια δεδομένη στιγμή) (Goldratt, 2007).

Η εκτίμηση της διάρκειας των μεμονωμένων εργασιών σε ένα έργο πραγματοποιείται με την υπόθεση ότι για να αυξηθεί η πιθανότητα εκτέλεσης των εργασιών εντός των

υποτιθέμενων προθεσμιών, κατά τον προγραμματισμό έργων, μια κοινή πρακτική είναι να υπερεκτιμάται η διάρκεια των μεμονωμένων δραστηριοτήτων. Με αυτόν τον τρόπο, στην παραδοσιακή μέθοδο των κρίσιμων διαδρομών, δημιουργούνται αποθεματικά που περιλαμβάνονται στην εκτίμηση του χρόνου που απαιτείται για την εκτέλεση κάθε εργασίας. Στη μέθοδο της κρίσιμης αλυσίδας, τα αποθέματα αυτά εξαλείφονται καθορίζοντας τον πιο πιθανό χρόνο, ο οποίος στην περίπτωση της κατανομής βήτα είναι κατά μέσο όρο 50% μικρότερος από τον εκτιμώμενο χρόνο με πιθανότητα 90% (Leach, 2005). Για την ασφάλεια όσον αφορά την επικαιρότητα, εισάγονται τρία buffer σε ένα πρόγραμμα: buffer έργου, buffer τροφοδοσίας και buffer πόρων. Ενώ υποτίθεται ότι τα εισαγόμενα buffer και η μικρότερη διάρκεια εργασιών δεν θα οδηγήσουν σε αλλαγή της πορείας της κρίσιμης πορείας. Ένα προσωρινό buffer εισάγεται στο τέλος της κρίσιμης αλυσίδας. Ο στόχος αυτού του buffer είναι να επιτρέψει την εκπλήρωση της προγραμματισμένης προθεσμίας ολοκλήρωσης του έργου υπό κανονική αβεβαιότητα που σχετίζεται με τη διάρκεια των μεμονωμένων εργασιών. Η μέθοδος κρίσιμης αλυσίδας προϋποθέτει ότι το μέγεθος του buffer έργου αποτελεί το ήμισυ του αθροίσματος των μεριστικών αποθεματικών στην κρίσιμη αλυσίδα, ενώ ο τρόπος προσδιορισμού του μεγέθους αυτού του buffer που προτείνεται σε αυτήν τη μέθοδο υπόκειται σε αμφιβολίες και συζητήσεις (Shu-Hui & Ping, 2006).

Τα buffer τροφοδοσίας, όπως είδαμε, εισάγονται σε μέρη όπου άλλες εργασίες συνδέονται με την κρίσιμη αλυσίδα. Ο ρόλος τους είναι να προστατεύουν τα κρίσιμα καθήκοντα από τον αντίκτυπο των καθυστερήσεων στις οδούς τροφοδοσίας, επιτρέποντας επίσης νωρίτερα την έναρξη δραστηριοτήτων στην κρίσιμη αλυσίδα. Τα buffer πόρων περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα σε μέρη όπου οι εργασίες στην κρίσιμη διαδρομή απαιτούν διαφορετικό τύπο πόρου από την προηγούμενη εργασία. Δεν έχουν χρονική διάσταση και ο ρόλος τους είναι να παρέχουν την κατανομή ενός κατάλληλου ανανεώσιμου πόρου για την εκτέλεση μιας δεδομένης δραστηριότητας από την κρίσιμη αλυσίδα (Shu-Hui & Ping, 2006). Πολλές δημοσιεύσεις έχουν αφιερωθεί στο ζήτημα του καθορισμού των μεγεθών των buffer. Περιλαμβάνουν πολλές προτάσεις που τροποποιούν την υπόθεση της μεθόδου της κρίσιμης αλυσίδας και τις μεθόδους για τον υπολογισμό των buffer (Shu-Hui & Ping, 2006 · de Azevedo, Ensslin & Jungles, 2014). Οι προτεινόμενες μέθοδοι για τον υπολογισμό των μεγεθών του buffer και τη δημιουργία ενός χρονοδιαγράμματος σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό

με την προσπάθεια διασφάλισης της σταθερότητας των ημερομηνιών έναρξης των μεμονωμένων δραστηριοτήτων, οι οποίες σε πηγές βιβλιογραφίας ονομάζονται στιβαρότητα λύσης (Van de Vonder et al, 2006). Σε ένα περιβάλλον πολλαπλών έργων, η κρίσιμη αλυσίδα μέθοδος διαχείρισης πολλαπλών έργων (CCMPM) χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό των έργων που περιλαμβάνουν ένα χαρτοφυλάκιο, συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων σταδίων (Morais & Sbragia, 2012) :

- Παροχή προτεραιοτήτων σε έργα, σύμφωνα με τη στρατηγική του οργανισμού.
- Ανάπτυξη χρονοδιαγραμμάτων για μεμονωμένα έργα με τη χρήση της μεθόδου της κρίσιμης αλυσίδας.
- Προσδιορισμός του κρίσιμου πόρου.
- Σύνοψη εργασιών κρίσιμων πόρων.
- Παραγγελία έργων σε χρονοδιάγραμμα έτσι ώστε να εκτελούνται σύμφωνα με τις δεδομένες προτεραιότητες με τη συντομότερη δυνατή διακοπή στη λειτουργία του κρίσιμου πόρου που καθορίζει το ρυθμό υλοποίησης.
- Εισαγωγή buffer περιορισμού χωρητικότητας.

Το παρακάτω είναι η κύρια διαδικασία εφαρμογής buffer στα κατασκευαστικά έργα.

Βήμα 1. Σχεδιάστε το πρόγραμμα κατασκευής χρησιμοποιώντας CPM.

Βήμα 2. Προσδιορίστε και καθορίστε την προστατευτική εκτίμηση για κάθε δραστηριότητα.

Βήμα 3. Προσδιορίστε και καθορίστε την εύλογη εκτίμηση για κάθε δραστηριότητα.

Βήμα 4. Καταργήστε την εκτίμηση ασφάλειας για κάθε δραστηριότητα βάσει του Βήματος 2 και του Βήματος 3.

Βήμα 5. Προσδιορίστε την κρίσιμη αλυσίδα ως τη μεγαλύτερη αλυσίδα από εξαρτώμενα γεγονότα για το εφικτό πρόγραμμα, όπως προσδιορίζονται στο Βήμα 4.

Βήμα 6. Προσθέστε το buffer έργου στο τέλος της κρίσιμης αλυσίδας.

Βήμα 7. Προσθέστε τα buffer τροφοδοσίας σε μια συγχώνευση μη κρίσιμης αλυσίδας σε κρίσιμη αλυσίδα.

Βήμα 8. Προσθέστε τα buffer πόρων για να διασφαλίσετε τη δραστηριότητα διαθεσιμότητας πόρων.

Βήμα 9. Επιστρέψτε το Βήμα 5 για να ελέγξετε την κρίσιμη αλυσίδα (Shu-Hui & Ping, 2006).

4.3. Αποτίμηση της Μεθόδου Κρίσιμης Αλυσίδας στον κατασκευαστικό κλάδο

Μια σημαντική πτυχή της εφαρμογής της θεωρίας των περιορισμών είναι η μεταφορά της μεταβλητότητας κατά την εκτέλεση των εργασιών στο πλαίσιο έργων σε buffer, η οποία διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τη διαχείριση της αβεβαιότητας και του κινδύνου του έργου. Οι πιο συνηθισμένοι παράγοντες που δημιουργούν υψηλό κίνδυνο επενδυτικών επιχειρήσεων στον κατασκευαστικό κλάδο είναι: ο ετερογενής χαρακτήρας και η έλλειψη σειράς της παραγωγικής διαδικασίας (ενώ δεν περιλαμβάνει την παραγωγή υλικών και δομικών προϊόντων), η υλοποίηση έργων σε σύνθετο περιβάλλον επιβαρύνεται με μεγάλη αβεβαιότητα ως προς τις συνθήκες υλοποίησης, πολύ δυναμική, συμμετοχή πολλών ενδιαφερομένων, των οποίων οι στόχοι συχνά δεν είναι συνεπείς ή συμπληρωματικοί, εξάρτηση από φυσικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένου κυρίως του κλίματος, της μακράς προπαρασκευαστικής περιόδου, του καταμερισμού ευθυνών μεταξύ πολλών συμμετεχόντων στη διαδικασία (de Azevedo et al, 2014).

Η εφαρμογή της μεθόδου κρίσιμης αλυσίδας για τη διαχείριση πολλαπλών επενδύσεων και κατασκευαστικών έργων απαιτεί αξιόπιστη εκτίμηση της διάρκειας εργασιών, ώστε να καταστεί δυνατή η αποτελεσματική λειτουργία των buffer και η ολοκλήρωση των έργων το συντομότερο δυνατό (Yang, 2003) Οι Lau και Kong (2006) δηλώνουν ότι ο προσδιορισμός των περιορισμών, ως το πρώτο βήμα για την εφαρμογή TOC στη διαχείριση έργων, επιτρέπει τη λήψη καλύτερων διαχειριστικών αποφάσεων και την επίτευξη υψηλότερης απόδοσης στη διαχείριση έργων κατασκευής. Με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, οι περιορισμοί έχουν ταξινομηθεί σε πέντε κατηγορίες: οικονομικοί περιορισμοί, νομικοί περιορισμοί, περιβαλλοντικοί περιορισμοί, τεχνικοί περιορισμοί και κοινωνικοί περιορισμοί. Ο προσδιορισμός των περιορισμών βοηθά τους διαχειριστές έργων όχι μόνο να κατανοήσουν τη φύση αυτών των περιορισμών, αλλά τους επιτρέπει επίσης να προβλέψουν το χρόνο εμφάνισης ενός δεδομένου περιορισμού σε σχέση με τα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου κατασκευής. Οι οικονομικοί περιορισμοί και οι νομικές και περιβαλλοντικές εκτιμήσεις εμφανίζονται κυρίως στο στάδιο της σύλληψης και του σχεδιασμού του έργου, επηρεάζοντας το πεδίο και το περιεχόμενο του κατασκευαστικού έργου. Κατά το στάδιο εκτέλεσης του έργου και στη συνέχεια το

στάδιο λειτουργίας αναμένεται ότι θα προκύψουν τεχνικοί και κοινωνικοί περιορισμοί. Η αξιόπιστη πρόβλεψη των περιορισμών διευκολύνει τον σχεδιασμό και την κατανομή των πόρων, ο διαχειριστής του έργου μπορεί να αξιολογήσει εάν ένας δεδομένος περιορισμός είναι προσωρινός ή εάν θα επηρεάσει τη διαδικασία υλοποίησης καθ' όλη τη διάρκεια του έργου (Lau & Kong, 2006).

Η εκτίμηση των μεγεθών buffer και η εξισορρόπηση των πόρων είναι οι δύο κύριες προκλήσεις προγραμματισμού των κατασκευαστικών έργων χρησιμοποιώντας τη μέθοδο κρίσιμης αλυσίδας. Τα buffer παίζουν βασικό ρόλο, ενώ αποδεικνύεται ότι το 50% των εκτιμήσεων είναι υπερβολικά αυθαίρετο και ως εκ τούτου η χρήση τους στο σχεδιασμό κατασκευαστικών έργων δεν είναι κατάλληλη (Ma et al, 2014).

Ως συμπέρασμα από όλα τα παραπάνω, μπορούμε να πούμε ότι τα μεγέθη των buffer μπορεί να είναι πολύ μεγάλα, γεγονός που θα έχει ως αποτέλεσμα τη σπατάλη πόρων ή το έργο δεν θα είναι αρκετά ανθεκτικό στην επίδραση της αβεβαιότητας και του κινδύνου. Εξού και οι πολυάριθμες δημοσιεύσεις που προτείνουν τροποποιημένους τρόπους εκτίμησης του ποσού των πόρων. Ένας άλλος τομέας προκλήσεων για έναν διαχειριστή έργου που εφαρμόζει τη μέθοδο CCPM είναι ο προγραμματισμός πόρων. Όταν σχεδιάζονται πόροι σε ένα περιβάλλον πολλών έργων, η μέθοδος κρίσιμης αλυσίδας συνιστά την κλιμάκωση της απελευθέρωσης έργων γύρω από έναν βασικό πόρο. Αυτό χρησιμοποιείται για τη διασφάλιση της ροής και την αποφυγή πάρα πολλών ανοιχτών έργων που έχουν ως αποτέλεσμα υπερβολικά πολλές εργασίες και καθυστερημένες ημερομηνίες λήξης.

5. Μελέτη Περίπτωσης: Ανέγερση διώροφης οικοδομής

Η μελέτη περίπτωσης που θα εξετάσουμε αφορά την κατασκευή διώροφης οικοδομής τεσσάρων διαμερισμάτων – κατοικιών με στέγη και περίφραξη. Το έργο υλοποιήθηκε το 2019 (έναρξη εργασιών: Σεπτέμβριος 2019) εξ' ολοκλήρου από την τεχνική εταιρεία Άκανθος Τεχνική Ο.Ε. που εδρεύει στην Ιερισσό Δήμου Αριστοτέλη Χαλκιδικής και περιλάμβανε τη σύνταξη της μελέτης, την έκδοση της οικοδομικής άδειας και την πλήρη ανάληψη επίβλεψης των τεχνικών εργασιών.

Θα εξετάσουμε αναλυτικά τις διακριτές δραστηριότητες υλοποίησης του έργου, το χρονοδιάγραμμα των εργασιών που κατατέθηκε στην αρμόδια πολεοδομία και παρουσιάστηκε στον ιδιοκτήτη του ακινήτου, και στη συνέχεια θα προχωρήσουμε σε θεωρητική εφαρμογή της Μεθόδου Κρίσιμης Αλυσίδας.

5.1. Στοιχεία έργου

Το οικόπεδο εντός του οποίου ανεγέρθηκε η οικοδομή βρίσκεται στο Δήμο Αριστοτέλη Χαλκιδικής και έχει συνολική επιφάνεια 432,69 m². Η οικοδομή περιλαμβάνει 4 κατοικίες με συνολικό εμβαδόν 164,81 m². Το μέσο εμβαδόν των κατοικιών είναι 41,00 m² και θα γίνει διαμόρφωση 56,20 m² περιβάλλοντος χώρου. Η εξυπηρέτηση και επικοινωνία των παραπάνω γίνεται από κοινόχρηστη είσοδο και κλιμακοστάσιο.

Ο τρόπος κατασκευής και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Φέρων οργανισμός: Σκελετός από οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας C 25-30 και σιδήρου B500C.
- Εξωτερικές τοιχοποιίες: Οπτοπλινθοδομές μπατικές με εξωτερικά τοποθετημένη μόνωση από διογκωμένη πολυστερίνη.
- Εσωτερικές τοιχοποιίες: Οπτοπλινθοδομές δρομικές πάχους 0,10 μ.
- Επικάλυψη: Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάνω στην οποία τοποθετείται στέγη με κεραμίδια Ρωμαϊκού τύπου.
- Φέρουσα κατασκευή δαπέδων: Πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Επίστρωση δαπέδων: Ξύλινα πατώματα σε λωρίδες ή κεραμικά πλακίδια δαπέδου κατά περίπτωση.

- Εξωτερικά κουφώματα: Υαλοστάσια από ξύλο χρώματος ξύλου και εξώφυλλα ξύλινα.
- Εσωτερικά κουφώματα: Ξύλινα πρεσσαριστά.
- Επιχρίσματα εξωτερικά: Τριών στρώσεων τριπτά ή πεταχτά αναλόγως θέσεων.
- Επιχρίσματα εσωτερικά: Τριπτά τριών στρώσεων.
- Χρωματισμοί: Πλαστικά χρώματα σπατουλαριστά ή όχι, υδροχρώματα, ελαιοχρώματα κατά περίπτωση.



Εικόνα 1: Διώροφη οικοδομή στην Ιερισσό Δήμου Αριστοτέλη

Αναλυτικά οι εργασίες με την εκτιμώμενη διάρκεια υλοποίησης τους καθώς και οι συσχετίσεις τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Φυσικά, οι επιστημονικές γνώσεις, η πολύχρονη εμπειρία τους στον κατασκευαστικό κλάδο αλλά και στατιστικά στοιχεία προηγούμενων έργων, αποτελούν τα εργαλεία με τα οποία οι μηχανικοί συνέταξαν τον συγκεκριμένο πίνακα.

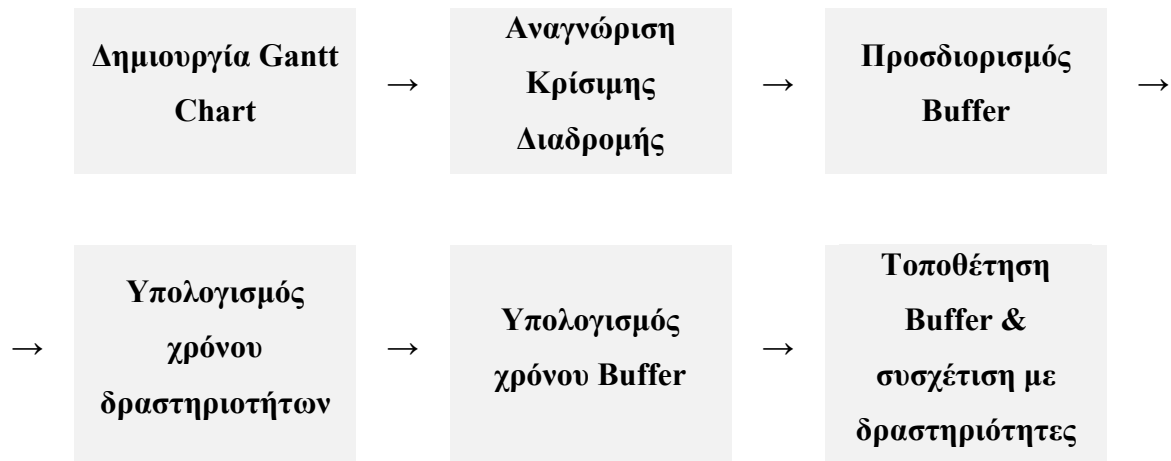
Πίνακας 2: Αρχικός πίνακας δραστηριοτήτων

	Δραστηριότητα	Εκτιμώμενη Διάρκεια	Προαπαιτούμενη δραστηριότητα
1	Ανάθεση Έργου	-	-
2	Σύνταξη Μελέτης	45 ημέρες	
3	Έκδοση Οικ. Αδείας	70 ημέρες	2
4	Παραγγελία Υλικών	30 ημέρες	3
5	Εκσκαφή	5 ημέρες	4
6	Σκυροδέτ. Θεμελίωσης	15 ημέρες	5
7	Σκυροδέτ. Περιμετρικού τοιχίου	15 ημέρες	6
8	Σκυροδέτ. Πλάκας ισογείου	10 ημέρες	7
9	Σκυροδέτ. Υποστυλωμάτων 1 ^{ου}	5 ημέρες	8
10	Σκυροδέτ. Πλάκας 1 ^{ου}	10 ημέρες	9
11	Σκυροδέτ. Υποστυλωμάτων 2 ^{ου}	15 ημέρες	10
12	Σκυροδέτ. Πλάκας 2ου	15 ημέρες	11
13	Εξωτ. Σκάλες Περ.	15 ημέρες	12
14	Τοιχοποιίες	30 ημέρες	11+4 ημέρες
15	Στέγη	20 ημέρες	12
16	Σιδηρουργικά	20 ημέρες	13
17	Υδραυλικά 1	15 ημέρες	14
18	Ηλεκτρολογικά 1	20 ημέρες	14
19	Κάσες Κουφωμ.	5 ημέρες	14
20	Επιχρίσματα	20 ημέρες	15,17,18,19
21	Υδραυλικά 2	4 ημέρες	20
22	Ηλεκτρολογικά 2	4 ημέρες	20
23	Δάπεδα	30 ημέρες	21,22,16
24	Πλακάκια Λουτρών	15 ημέρες	21,22
25	Εξωτερ. Κουφώματα	10 ημέρες	23
26	Εσωτερ. Κουφώματα	10 ημέρες	24
27	Είδη Υγιεινής	10 ημέρες	24
28	Υδραυλικά 3	5 ημέρες	27
29	Ηλεκτρολογικά 3	5 ημέρες	23,24,25
30	Κουζίνες	15 ημέρες	26,28,29
31	Χρώματα	20 ημέρες	30
32	Διαμόρφ. Ακαλύπτου	15 ημέρες	25
33	Διάφορα Τελειώματα	15 ημέρες	31,32

5.2. Εφαρμογή της Μεθόδου Κρίσιμης Αλυσίδας (CCPM)

5.2.1. Μεθοδολογία

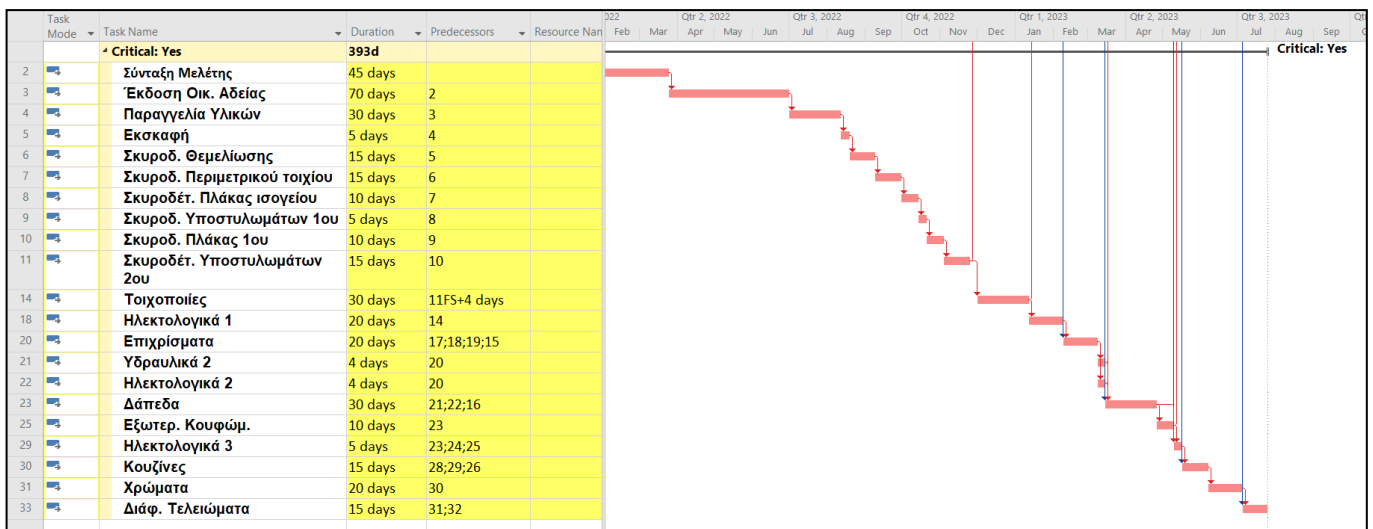
Στο επόμενο σχήμα απεικονίζονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της Μεθόδου Κρίσιμης Αλυσίδας.



Σχήμα 6: Μεθοδολογία εφαρμογής

5.2.2. Δημιουργία Gantt Chart

Εισάγουμε τις δραστηριότητες με τις εκτιμώμενες διάρκειες και τις συσχετίσεις τους στο λογισμικό MS Project. Με την ολοκλήρωση της παραμετροποίησης του χρονοδιαγράμματος και της εισαγωγής των απαραίτητων δεδομένων, προκύπτει το χρονοδιάγραμμα του έργου και δημιουργείται η γραφική απεικόνιση του, ήτοι το Διάγραμμα Gantt.



Σχήμα 7: Αρχικό Χρονοδιάγραμμα δραστηριοτήτων & κρίσιμη διαδρομή

5.2.3. Αναγνώριση Κρίσιμης Διαδρομής

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προγράμματος η συνολική διάρκεια των εργασιών προκύπτει ίση με 393 ημέρες και η κρίσιμη διαδρομή αποτελείται από τις διαδικασίες: 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,14,18,20,21,22,23,25,29,30,31,33.

Επίσης έχουν προκύψει οι εξής 8 μη κρίσιμες διαδρομές:

A) 12,13,16 →23

B) 12,15 →20

Γ) 17→20

Δ) 19→20

E) 24→29

ΣΤ) 24,26 →30

Z) 24,27,28 →30

H) 32→33



Σχήμα 8: Αρχικές μη κρίσιμες δραστηριότητες

5.2.4. Προσδιορισμός Buffer

Αναλύοντας τα δεδομένα και βασιζόμενοι στην θεωρία που εξετάστηκε σε προηγούμενα κεφάλαια προκύπτει ότι πρέπει να υπολογίσουμε και να προσθέσουμε στις δραστηριότητές μας 1 buffer έργου (Project Buffer) και 8 buffers τροφοδοσίας (Feeding Buffers).

5.2.5. Υπολογισμός Διάρκειας δραστηριοτήτων

Το επόμενο βήμα είναι να υπολογίσουμε τη διάρκεια των δραστηριοτήτων για κάθε διαδρομή με βάση τον κανόνα του 50%. Δηλαδή, η διάρκεια των δραστηριοτήτων προκύπτει ως ο αρχικός χρόνος μειωμένος κατά 50%. Ωστόσο, στο συγκεκριμένο έργο, καθώς οι διαδικασίες αναφέρονται σε κατασκευαστικές δραστηριότητες δεν θεωρήθηκε ρεαλιστικό δεδομένο η διάρκεια εργασίας από ένα τεχνικό συνεργείο να μην είναι ακέραιες ημέρες. Επομένως στις περιπτώσεις όπου οι διάρκειες των εργασιών προκύπτουν μη ακέραιοι αριθμοί, έχει επιλεγθεί η αμέσως μεγαλύτερη ακέραια τιμή (πχ. Η δραστηριότητα 32, με αρχική εκτιμώμενη διάρκεια 15 ημερών,

μετά την εφαρμογή του κανόνα του 50% θα έχει εκτιμώμενη διάρκεια 8 ημερών αντί για 7,5 ημέρες).

Αναλυτικά οι δραστηριότητες μετά την εφαρμογή του κανόνα του 50% παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Πίνακας δραστηριοτήτων μετά την εφαρμογή του κανόνα του 50%.

	Δραστηριότητα	Εκτιμώμενη Διάρκεια	Εκτιμώμενη Διάρκεια 50%	Προαπαιτούμενη δραστηριότητα
1	Ανάθεση Έργου	-		-
2	Σύνταξη Μελέτης	45 ημέρες	23 ημέρες	
3	Έκδοση Οικ. Αδείας	70 ημέρες	35 ημέρες	2
4	Παραγγελία Υλικών	30 ημέρες	15 ημέρες	3
5	Εκσκαφή	5 ημέρες	3 ημέρες	4
6	Σκυροδ. Θεμελίωσης	15 ημέρες	8 ημέρες	5
7	Σκυροδ. Περιμετρικού τοιχίου	15 ημέρες	8 ημέρες	6
8	Σκυροδέτ. Πλάκας ισογείου	10 ημέρες	5 ημέρες	7
9	Σκυροδ. Υποστηλωμάτων 1ου	5 ημέρες	3 ημέρες	8
10	Σκυροδ. Πλάκας 1ου	10 ημέρες	5 ημέρες	9
11	Σκυροδέτ. Υποστηλωμάτων 2ου	15 ημέρες	8 ημέρες	10
12	Σκυροδ. Πλάκας 2ου	15 ημέρες	8 ημέρες	11
13	Εξωτ. Σκάλες Περ.	15 ημέρες	8 ημέρες	12
14	Τοιχοποιίες	30 ημέρες	15 ημέρες	11+4 ημέρες
15	Στέγη	20 ημέρες	10 ημέρες	12
16	Σιδηρουργικά	20 ημέρες	10 ημέρες	13
17	Υδραυλικά 1	15 ημέρες	8 ημέρες	14
18	Ηλεκτολογικά 1	20 ημέρες	10 ημέρες	14
19	Κάσες Κουφωμ.	5 ημέρες	3 ημέρες	14
20	Επιχρίσματα	20 ημέρες	10 ημέρες	15,17,18,19
21	Υδραυλικά 2	4 ημέρες	2 ημέρες	20
22	Ηλεκτολογικά 2	4 ημέρες	3 ημέρες	20
23	Δάπεδα	30 ημέρες	15 ημέρες	21,22,16
24	Πλακάκια Λουτρών	15 ημέρες	8 ημέρες	21,22
25	Εξωτερ. Κουφώμ.	10 ημέρες	5 ημέρες	23
26	Εσωτερ. Κουφώμ.	10 ημέρες	5 ημέρες	24
27	Είδη Υγιεινής	10 ημέρες	5 ημέρες	24
28	Υδραυλικά 3	5 ημέρες	3 ημέρες	27
29	Ηλεκτολογικά 3	5 ημέρες	3 ημέρες	23,24,25
30	Κουζίνες	15 ημέρες	8 ημέρες	26,28,29
31	Χρώματα	20 ημέρες	10 ημέρες	30
32	Διαμόρφ. Ακαλύπτου	15 ημέρες	8 ημέρες	25
33	Διάφ. Τελειώματα	15 ημέρες	8 ημέρες	31,32

5.2.6. Υπολογισμός χρόνου Buffer

Πρέπει να υπολογίσουμε 1 Project Buffer και 8 Feeding Buffers.

Το Project Buffer ορίζεται ως το 50% του χρόνου που μειώθηκε κατά την εφαρμογή του κανόνα 50% των δραστηριοτήτων της κρίσιμης διαδρομής. Επομένως, η κρίσιμη διαδρομή αποτελείται από τις διαδικασίες 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 29, 30, 31, 33 με συνολική διάρκεια 393 ημέρες.

Μετά την εφαρμογή του κανόνα του 50% η νέα συνολική διάρκεια είναι 201 ημέρες. Επομένως η μείωση του χρόνου είναι 192 ημέρες και το Project Buffer προκύπτει 96 ημέρες.

Αντίστοιχα υπολογίζονται τα Feeding Buffers για τις μη κρίσιμες διαδρομές:

A) **12,13,16** →23.

Αρχική διάρκεια: 50 ημέρες. Νέα διάρκεια: 26 ημέρες. Feeding Buffer_1: 12 ημέρες

B) **12,15** →20.

Αρχική διάρκεια: 35 ημέρες. Νέα διάρκεια: 18 ημέρες. Feeding Buffer_2: 9 ημέρες

Γ) **17**→20.

Αρχική διάρκεια: 15 ημέρες. Νέα διάρκεια: 8 ημέρες. Feeding Buffer_3: 4 ημέρες

Δ) **19**→20.

Αρχική διάρκεια: 5 ημέρες. Νέα διάρκεια: 3 ημέρες. Feeding Buffer_4: 1 ημέρα

E) **24**→29.

Αρχική διάρκεια: 15 ημέρες. Νέα διάρκεια: 8 ημέρες. Feeding Buffer_5: 4 ημέρες

ΣΤ) **24,26** →30

Αρχική διάρκεια: 25 ημέρες. Νέα διάρκεια: 13 ημέρες. Feeding Buffer_6: 6 ημέρες

Z) **24,27,28** →30.

Αρχική διάρκεια: 30 ημέρες. Νέα διάρκεια: 16 ημέρες. Feeding Buffer_7: 7 ημέρες

H) **32**→33

Αρχική διάρκεια: 15 ημέρες. Νέα διάρκεια: 8 ημέρες. Feeding Buffer_8: 4 ημέρες

5.2.7. Τοποθέτηση Buffer & συσχέτιση με δραστηριότητες

Το project buffer εισάγεται στο τέλος έργου. Άρα θα προσθέσουμε μια δραστηριότητα στο τέλος του έργου την οποία θα ονομάσουμε project buffer και θα της δώσουμε διάρκεια 96 ημέρες. Η δραστηριότητα αυτή θα έχει ως προαπαιτούμενη

την τελική δραστηριότητα του έργου (Δραστηριότητα 33: Διάφορα τελειώματα) και δεν θα έχει καμία ακόλουθη.

Τα feeding buffers θα τοποθετηθούν στα σημεία όπου οι μη κρίσιμες δραστηριότητες/αλυσίδες δραστηριοτήτων, τροφοδοτούν τις κρίσιμες δραστηριότητες για να τις «προστατέψουν» από καθυστερήσεις των μη κρίσιμων δραστηριοτήτων. Επομένως θα εισάγουμε 8 δραστηριότητες με όνομα Feeding buffer 1-8, και θα έχουν ως προαπαιτούμενες τις αντίστοιχες μη κρίσιμες δραστηριότητες και ως επόμενες τις κρίσιμες δραστηριότητες που τροφοδοτούν (Πχ. Δ) Η μη κρίσιμη δραστηριότητα 19 (Κάσες κουφωμάτων) τροφοδοτεί την κρίσιμη δραστηριότητα 20 (Επιχρίσματα). Επομένως θα προσθέσουμε μία δραστηριότητα με το όνομα Feeding Buffer 4, με διάρκεια 1 ημέρας και θα έχει ως προαπαιτούμενη δραστηριότητα την 19, και ως επόμενη δραστηριότητα 20).

Ωστόσο, είναι σημαντικό κατά την εισαγωγή των Feeding Buffers να γίνει έλεγχος αν προκύπτει μεγαλύτερη διάρκεια μη κρίσιμων διαδρομών από τις κρίσιμες διαδρομές και εάν εκ τούτου προκύπτει μεταβολή της κρίσιμης διαδρομής. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να μειώσουμε την διάρκεια του feeding buffer έτσι ώστε να μην αλλάζει την κρίσιμη διαδρομή του έργου. Η διάρκεια αυτή είναι ίση με το total slack της συγκεκριμένης δραστηριότητας/αλυσίδας δραστηριοτήτων.

Συγκεντρωτικά εισάγουμε στο MS Project όλες τις δραστηριότητες με τις νέες διάρκειες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3, το Project Buffer στο τέλος του έργου με διάρκεια 96 ημερών και τα εξής feeding buffers:

Feeding Buffer_1: 12 ημέρες,

Feeding Buffer_2: 9 ημέρες,

Feeding Buffer_3: 1 ημέρα,

Feeding Buffer_4: 1 ημέρα,

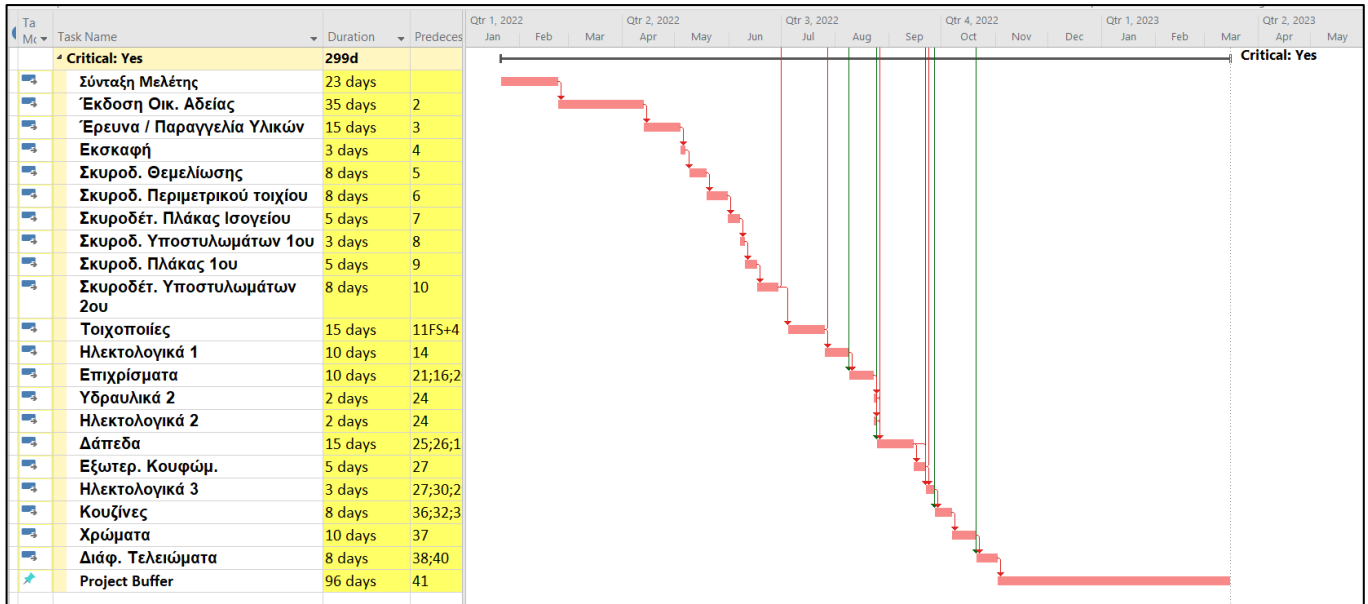
Feeding Buffer_5: 4 ημέρες,

Feeding Buffer_6: 6 ημέρες,

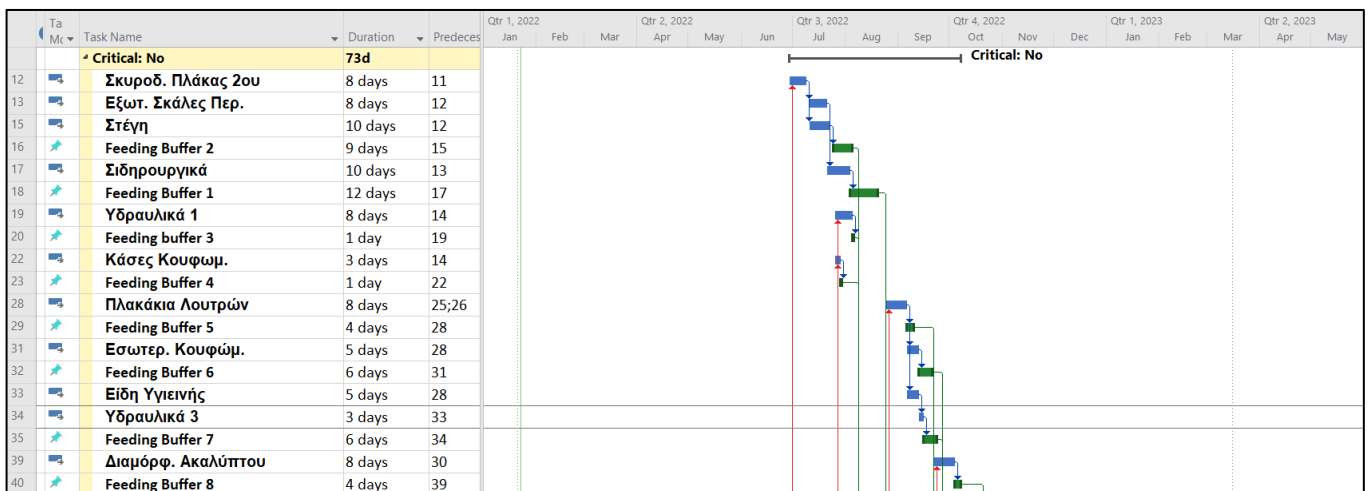
Feeding Buffer_7: 6 ημέρες,

Feeding Buffer_8: 4 ημέρες,

Σε σύγκριση με τον θεωρητικό υπολογισμό των Feeding Buffers που προηγήθηκε, οι τιμές των Feeding Buffer 3,7 τροποποιήθηκαν και εξισώθηκαν με το αντίστοιχο total slack για να μην αλλάξουν την κρίσιμη διαδρομή.



Σχήμα 9: Χρονοδιάγραμμα δραστηριοτήτων & κρίσιμη διαδρομή μετά την εφαρμογή του κανόνα του 50%



Σχήμα 10: Μη κρίσιμες δραστηριότητες μετά την εφαρμογή του κανόνα του 50%

5.3. Αποτίμηση της Μεθόδου Κρίσιμης Αλυσίδας στην μελέτη περίπτωσης

Ο προγραμματισμός και η διαχείριση ενός έργου είναι μία σύνθετη και ιδιαίτερη διαδικασία. Πλέον τα εργαλεία διαχείρισης έργων όπως τα Ms Project, Risky Project,

Lynx, χρησιμοποιούνται συστηματικά στον κατασκευαστικό κλάδο τόσο από μελετητικά όσο και κατασκευαστικά γραφεία, χρησιμοποιώντας διαδομένες και εδραιωμένες μεθόδους (CPM, CCPM, ECM). Άλλωστε σταδιακά έχουν υιοθετηθεί από τις αρμόδιες υπηρεσίες δόμησης και η κατάθεση χρονοδιαγράμματος έργου είναι προαπαιτούμενη διαδικασία για την έκδοση οικοδομικής άδειας. Βέβαια ανάλογα με το βαθμό μεγέθους και πολυπλοκότητας του έργου αλλά και τον κύριο του έργου, η έμφαση και η σημασία που έχει το χρονοδιάγραμμα στην πράξη διαφέρει αρκετά.

Η συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης που εξετάσαμε είναι μία αρκετά συνηθισμένη περίπτωση για τις τεχνικές-κατασκευαστικές εταιρείες όπως και για τη συγκεκριμένη που υλοποίησε το έργο. Απολογιστικά το έργο ολοκληρώθηκε σε 381 ημέρες, ενώ η εταιρεία χρησιμοποίησε τη μέθοδο της κρίσιμης διαδρομής με το Ms Project για την εκπόνηση του αρχικού χρονοδιαγράμματος.

Μετά την θεωρητική ολοκλήρωση της μεθόδου της κρίσιμης αλυσίδας τα δεδομένα παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν στους μηχανικούς που υλοποίησαν το έργο, με ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκε η φιλοσοφία της μεθόδου CCPM και οι κύριες διαφορές της από την CPM, αλλά και τα αποτελέσματα του χρονοδιαγράμματος που προέκυψε.

Οι διαχειριστές αναγνώρισαν καθολικά τα συμπεριφορικά μοτίβα που παρουσιάστηκαν και επιβεβαίωσαν ότι κατά την εφαρμογή της μεθόδου της κρίσιμης διαδρομής στα περισσότερα έργα τους, όταν μία κρίσιμη δραστηριότητα παρουσιάζει καθυστέρηση, αυτό συνήθως μεταφράζεται σε συνολική καθυστέρηση του έργου και σπάνια «κερδίζεται το χαμένο έδαφος». Αντίθετα, για την εφαρμογή της CCPM στην πράξη εκτός από τις δυσκολίες και τις δαπάνες της μετάβασης από την εδραιωμένη μέθοδο της CPM (κόστη λογισμικού, εκπαίδευσης ανθρώπινου δυναμικού κτλ.) η κυριότερη δυσπιστία ως προς την αποτελεσματικότητα της μεθόδου έγκειται στη διαχείριση και την επιβολή της στους εμπλεκόμενους εξαιτίας της μειούμενης διάρκειας των δραστηριοτήτων, την αφαίρεση περιθωρίου ασφαλείας και την αποφυγή του multitasking. Άλλωστε, η συγκεκριμένη εταιρεία υλοποίησε το έργο, κατά κύριο λόγο χρησιμοποιώντας εξωτερικούς συνεργάτες για την υλοποίηση των αντίστοιχων δραστηριοτήτων.

Συμπερασματικά, σε σχέση με το θεωρητικό μοντέλο και τη χρήση του κανόνα του 50% αμφισβητήθηκε η δυνατότητα εφαρμογής της μεθόδου στην πράξη σε όλες τις

δραστηριότητες καθολικά, τουλάχιστον σε έργα αυτού του μεγέθους. Παράλληλα όμως θεωρήθηκε ότι η εστίαση στη συνολική απόδοση του έργου, η χρήση των buffers και η επισκόπηση κατάστασης του έργου μέσω των γραφημάτων κατανάλωσης των buffer, μία τμηματική εφαρμογή της μεθόδου CCPM δηλαδή, μπορεί να τροποποιήσει την φιλοσοφία και την νοοτροπία τόσο των μηχανικών που διαχειρίζονται το έργο, όσο και του ανθρώπινου δυναμικού που το υλοποιεί με ευεργετικά αποτελέσματα.

Αναφορές

- Aitken, C. (2012). *Critical Chain Project Management: An Overview*. Baylor University.
- Azevedo de, R.C., Ensslin, L., & Jungles, A.E. (2014). A review of risk management in construction: opportunities for improvement. *Modern Economy*, 5(4), pp. 367-383.
- Ballard, L. P. (2005). *Application of critical chain principles to improve microprocessor technology ramps*. Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology.
- Blackstone, J.H., Gardiner, L.R. & Gardiner, S.C. (1997). A framework for the systemic control of organizations. *International Journal of Production Research*, 35(3), pp. 597-609.
- Carrier, L. M., Cheever, N. A., Rosen, L. D., Benitez, S., & Chang, J. (2009). Multitasking across generations: Multitasking choices and difficulty ratings in three generations of Americans. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 483-489.
- Caupin, G., Knoepfel, H., Koch, G., Pannenbäcker, K., Pérez-Polo, F., & Seabury, C. (2006). *ICB - IPMA Competence Baseline (3.0)*. Nijkerk: International Project Management Association.
- Crenshaw, D. (2008). *The Myth of Multitasking: How "Doing It All" Gets Nothing Done*. Wiley. com.
- Casey, R. J. (2005). *An innovative approach to schedule management on the F/A-22 major defense acquisition program (MDAP): Demonstration of critical chain project management*. Doctoral dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Cox, J.F., Boyd, L., Sullivan, T.T., Reid, R.A. & Cartier, B. (2012). *The Theory of Constraints International Certification Organization Dictionary, 2nd ed*. New York: McGraw-Hill Publishing.
- Dilmaghani, F. (2008). *Critical Chain Project Management (CCPM) at Bosch Security Systems (CCTV) Eindhoven*. Thesis Master of Science. Eindhoven: University of Twente.
- Esemble Consulting Group. (2018). *Critical Chain Project Management (CCPM). The Executive Guide to Winning Results*. Esemble Consulting Group. Available at: <https://ensembleconsultinggroup.com/wp-content/uploads/2018/07/CCPM-Executive-Guide.pdf>.
- Ferrari, J. R., Johnson, J. L., & McCown, W. G. (1995). *Procrastination and task avoidance: Theory, research, and treatment*. Springer.
- Gardner, P. J. (2009). Organizational change: All we want is better projects – Why so difficult? *AACE International Transactions*, PM.03.1 – PM.03.25.
- Giangreco, A. (2002). *Conceptualisation and operationalisation of resistance to change*. Libero Istituto Universitario Carlo Cattaneo.

- Goldratt, E. M. (1997). *Critical Chain*. Great Barrington, USA: The North River Press.
- Goldratt, E.M., & Cox, J. (1984). *The Goal*. 3rd Rev.ed. Hants, U.K.: Gower Publishing Ltd.
- Goldratt, E.M. (2007). *The theory of constraints and its thinking processes: a brief introduction*. Connecticut: Goldratt Institute.
- Goldratt-Ashlag, E. M. (2010). The layers of resistance - the buy-in process according to TOC. In J. F. Cox III & J. G. Schleier (Eds.), *Theory of constraints handbook* (pp. 571-585). Great Barrington: North River Press.
- Goldratt, E.M., & Cox, J. (2004). *The Goal*, 3rd edition. New York: Routledge.
- Gonçalves, J. M., & Gonçalves, R. P. D. S. (2012). Overcoming Resistance to Changes in Information Technology Organizations. *Procedia Technology*, 5, 293-301.
- Gupta, A., Bhardwaj, A. & Kanda, A. (2010). Fundamental concepts of theory of constraints: An emerging philosophy. *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, 4(10), pp. 2089-2095.
- Gupta, M.C., & Boyd, L.H. (2008). Theory of constraints: A theory for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 28(10).
- Herroelen, W., & Leus R. (2005). Project scheduling under uncertainty: Survey and research potentials. *European Journal of Operational Research*, 165, pp. 289-306.
- Huang, C.L., Chen, H.C., Li, R.K. & Tsai, C.H. (2012). A comparative study of the critical chain and PERT planning methods: no bad human behaviors involved. *International Journal of Academic Research in Business and Social Science*, 2(8), pp. 379-394.
- König, C. J., & Kleinmann, M. (2004). Business before pleasure: no strategy for procrastinators?. *Personality and individual differences*, 37(5), pp. 1045-1057.
- Lau, E, & Kong, J. (2006). Identification of constraints in construction projects to improve performance. *Proceedings of the Joint Conference on Construction, Culture, Innovation and Management*, (pp. 655-663).
- Leach, L.P. (2005). *Lean Project Management: Eight Principles for Success*. Advanced Projects, Inc., Boise, ID.
- Lechler, T., Ronen, B., & Stohr, E. A. (2005). Critical chain: A new project management paradigm or old wine in new bottles? *Engineering Management Journal*, 17 (4), pp. 45-58.
- Ma, G., Wang, A., Li, N., Gu, L., & Ai, Q. (2014). Improved Critical Chain Project Management Framework for Scheduling Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(12).

- Mark, G., Gonzalez, V. M., & Harris, J. (2005, April). No task left behind?: examining the nature of fragmented work. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 321-330). ACM.
- Maylor, H. (2001). Beyond the Gantt Chart: Project Management Moving on. *European Management Journal*, 19 (1), pp. 92-100.
- Millhisser, W.P. & Szmerekovsky, J.G. (2012). Teaching critical chain project management: the academic debate and illustrative examples . *INFORMS Transactions on Education (ITE)*, 12(2), pp. 67-77.
- Morais, C.H.B., & Sbragia, R. (2012). Management of multi-project environment by means of Critical Chain Project Management: A Brazilian multi-case study. *Technology Management for Emerging Technologies (PICMET), 2012 Proceedings of PICMET '12*. São Paulo. Brasil.
- Newbold, R.C. (1998). *Project Management in the Fast Lane, Applying the Theory of Constraints*. Boca Raton, U.S.: CRC Press LCC.
- Patanakul, P., Lewwongcharoen, B., & Milosevic, D . (2010). An emperical study on the use of project management tools and techniques across project life-cycle and their impact on project success. *Journal of General Management*, 35 (3), pp. 41-65.
- Pollack, J. (2007). The changing paradigms of project management. *International Journal of Project Management*, 25, pp. 266-274.
- Rand, G. K. (2000). Critical chain: the theory of constraints applied to project management. *International Journal of Project Management*, 18(3), pp. 173-177.
- Raz, T., Barnes, R., & Dvir, D. (2004). A critical look at critical chain project management. *Project Management Journal*, 34, 24-32.
- Repp, L.M. (2012). *Factors that influence Critical Chain Project Management implementation success. Thesis Master of Science in Project Management*. University of Wisconsin-Platteville.
- Shu-Hui, J., & Ping, H.S. (2006). Construction Project Buffer Management in Schedulling Planning and Control. (p. International Symposium on Automation and Robotics). ISARC.
- Simatupang, T.M., Wright, A.C., & Sridharan, R. (2004). Applying the theory of constraints to supply chain collaboration. Supply Chain Managemen. *An International Journal*, 9(1), pp. 57-70.
- Srinivasan, MM.,Best, WD., & Chandrasekaran, S. (2007). Warner Robins Air Logistics Center streamlines aircraft repair and overhaul. *Interfaces*, 37 (1), pp. 7-21.
- Steel, P. (2007). The nature of procrastination: a meta-analytic and theoretical review of quintessential self-regulatory failure. *Psychological bulletin*, 133(1), p. 65.
- Steyn, H. (2000). An investigation into the fundamentals of critical chain project scheduling. *International Journal of Project Management*, 19, pp. 363-369.

- Steyn, H. (2002). Project management applications of the theory of constraints beyond critical chain scheduling. *International Journal of Project Management*, 20, pp. 75-80.
- Taxén, L. (2007). *Images as Action Instruments in Complex Projects*. Linköping University, Department of Science and Technology, Norrköping, Sweden.
- Tsai-Chi Kuo., Sheng-Huang Chang., Shang-Nan Huang. (2009). Due-date performance improvement using TOC's aggregated time buffer method at a wafer fabrication factory. *Expert Systems with Applications*, (36) pp. 1783-1792.
- Tukel, O. I. & Rom, W. . (2006). Analysis of resource buffer management in critical chain scheduling. *PMI® Research Conference: New Directions in Project Management*. Montréal, Québec, Canada: Project Management Institute.
- Van de Vonder, S., Demeulemeester, E., Herroelen, W., & Leus, R. (2006). The trade – off between stability and makespan in resource – constrained project scheduling. *International Journal of Production Research*, 44(2), pp. 215-236.
- Viljoen, P.J. & Steyn, H. (2007). A conceptual model for improved project selection and prioritisation. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 18(1), pp. 91-106.
- Wilson, J.M. (2003). Gantt charts: A centenary appreciation. *European Journal of Operational Research*, 149, pp. 430-437.
- Yaghootkar, K, & Gil, N. (2012). The effects of schedule – driven project management in multi – project environment. *International Journal of Project Management*, 30, pp. 127-140.
- Yang, Y.B. (2003). Applying the Theory of Constraints to Construction Scheduling. *Proceedings of II Int. Structural Engineering and Construction Conference (ISEC 02)* (pp. 175-180). ISEC.