

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο όρος *μηχανή* με την σύγχρονη έννοιά του χρησιμοποιήθηκε στην εποχή του Αισχύλου για να περιγράψει τόν μηχανισμό σκηνής που χρησιμοποιούσε για να φέρει τούς ήρωες τής τραγωδίας στην σκηνή και έγινε γνωστός με τόν Λατινικό όρο *Deus ex machina* που εισήγαγε ο Βιτρούβιος. Ήταν μεγάλοι μηχανισμοί που αποτελούνταν από δοκούς, τροχαλίες και σχοινιά που μπορούσαν να σηκώσουν φορτία ως ένα τόννο και σε μερικές περιπτώσεις να κάνουν σφοδρούς κλυδωνισμούς απεικονίζοντας ένα ταξίδι στο χώρο όταν τό έργο τό απαιτούσε. Παρ' όλο που κανείς μηχανισμός ούτε απεικονίσεις του δέν σώζονται υπάρχουν αρκετές αναφορές σε έργα που σώζονται από τις οποίες αντλούμε πληροφορίες για τόν σχεδιασμό και τήν λειτουργία του.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τό αρχαίο Ελληνικό θέατρο γεννήθηκε τόν 6ο π.Χ αιώνα από ένα θεατρικό σχήμα για έναν ηθοποιό που άνθισε σιά Δωρικά Ελληνικά διαμερίσματα για να περάσει στην ωριμότητά του τόν 5ο π.Χ αιώνα μετά τούς νικηφόρους πολέμους κατά τής Περσικής Αυτοκρατορίας. Ο Αισχύλος που ήταν ο ίδιος ήρωας, κέρδισε τήν πρώτη φιλολογική του νίκη στους δραματικούς αγώνες τού 484 στην Αθήνα. Τό 472 παρουσίασε τούς Πέρσες όπου εισήγαγε τόν δεύτερο ηθοποιό, εκτός τού ίδιου, δημιουργώντας έτσι τό γνώριμό μας σχήμα των πολλών ηθοποιών στη σκηνή.

Η λέξη *Μηχανή* ενώ χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τόν Όμηρο στην Ιλιάδα για να περιγράψει τον πολιτικό χειρισμό, χρησιμοποιήθηκε με τήν σύγχρονη έννοια στην εποχή του Αισχύλου για να περιγράψει τόν μηχανισμό σκηνής που χρησιμοποίησε για να φέρει τούς ήρωες τής τραγωδίας στην σκηνή και έγινε γνωστός με τόν Λατινικό όρο *Deus ex machina* που εισήγαγε ο Βιτρούβιος. Τον όρο από *μηχανής θεός* εισήγαγε ο Πλάτων και αυτό δημιούργησε μια γενική παρανόηση σχετικά με το θέμα διότι υπάρχει η γενική εντύπωση ότι η χρήση τής μηχανής ήταν "για να φέρνει θεούς στη σκηνή και να δίνουν τη λύση του δράματος" ενώ αυτό δεν ήταν η κύρια χρήση τής μηχανής.

Η *Μηχανή* ήταν ήδη σε γενική χρήση από την εποχή του Αριστοφάνη. Κανείς από αυτούς τούς μηχανισμούς, που ήταν κατασκευασμένοι από φθαρτά υλικά, δέν σώζεται. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν αρκετές αναφορές στη *μηχανή*, σε τραγωδίες που σώζονται και σε αγγειογραφίες, από τις οποίες αναφορές μπορεί να ανακατασκευαστεί. Ήταν ένας μεγάλος μηχανισμός που αποτελούνταν από δοκούς, τροχαλίες και σχοινιά που μπορούσαν να σηκώσουν φορτία ως ένα τόννο και σε μερικές περιπτώσεις να κάνουν σφοδρούς κλυδωνισμούς απεικονίζοντας ένα ταξίδι στο χώρο όταν τό έργο τό απαιτούσε.

Οι άνθρωποι που έφτιαχναν (σχεδίαζαν και κατασκεύαζαν) αυτούς τούς μηχανισμούς λέγονταν από τόν Αριστοφάνη μηχανοποιοί που σήμαινε μηχανικοί με βάση τήν σύγχρονη ορολογία και είναι ταυτόσημη έννοια με τόν Γερμανικό όρο Maschinenbau Ingenieure.

2. ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ

Ένας υπολογίσιμος αριθμός από αρχαία Ελληνικά θέατρα διασώθηκαν ώστε να

μπορούμε να ανακατασκευάσουμε την αρχιτεκτονική του θεάτρου με κάποια ακρίβεια. Θά χρησιμοποιήσουμε την αρχιτεκτονική του Αθηναϊκού θεάτρου του Διονύσου στην Νοτιοανατολική πλαγιά της Ακρόπολης, που αργότερα τροποποιήθηκε από τον ρήτορα Λυκούργο στους χρόνους του Αλεξάνδρου του Μεγάλου. Περίπου 30000 θεατές μπορούσαν να χωρέσουν σ' αυτό σύμφωνα με τους συγγραφείς της εποχής (Πλάτωνος, *Συμπόσιο*). Παραστάσεις δίνονταν ακόμα και κατά την διάρκεια της ημέρας και διαρκούσαν πολλές ημέρες. Σέ προγενέστερες εποχές τό κτίσμα της σκηνής του Αθηναϊκού θεάτρου ήταν περίπου 4 μ. ψηλό και 27 μ. πλατύ. Σέ μεταγενέστερες εποχές η σκηνή ήταν κτίσμα στο οποίο εκτυλίσσονταν δύο ιστορίες σύμφωνα με μερικούς συγγραφείς.

Τό κτίριο της σκηνής είχε μιά περίπου επίπεδη οροφή στην οποία δρούσαν οι ηθοποιοί σέ μερικά έργα αλλιώς τό έργο εκτυλίσσονταν στην κυκλική περιοχή που λεγόταν Ορχήστρα της οποίας η αρχική σημασία ήταν χώρος του χορού. Ο Λιοχύλος πρώτος εισήγαγε την ιδέα του ηθοποιού που θά μπορούσε να επέμβει ξαφνικά πίσω από την σκηνή, από την οροφή και ίσως μέσα ακόμα και από την περιοχή της ορχήστρας για να πάρει μέρος στο δράμα.

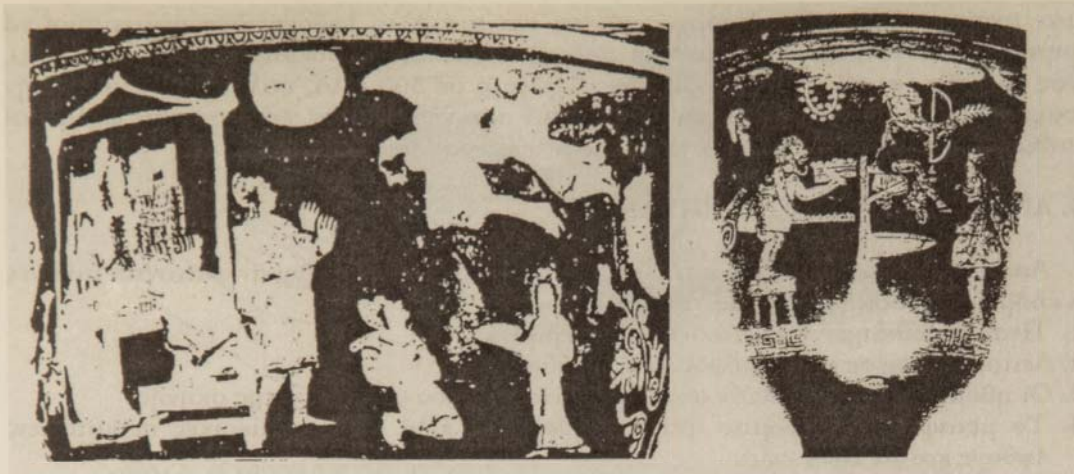
Η μεταφορά των ηθοποιών (και σέ μερικές περιπτώσεις αλόγων και αρμάτων ακόμα) από τό πίσω μέρος της σκηνής στο προσκήνιο γίνονταν με τη βοήθεια μηχανισμού που αποκάλεσαν *μηχανή*, όρο ισοδύναμο με την Λατινική ρίζα *machina*. Από τίς διαστάσεις του κτιρίου της σκηνής μπορούμε να καθορίσουμε τον χώρο στον οποίο λειτουργούσε αυτός ο μηχανισμός. (Pickard - Cambridge 1955).

Ένας άλλος μηχανισμός σκηνής ήταν η περιάκτος, ένα περιστρεφόμενο σκηνικό με τρεις όψεις για γρήγορη αλλαγή σκηνικών. Υποστηρίζονταν από έναν κατακόρυφο άξονα που εδραζόταν σέ ένα πέτρινο έδρανο στο έδαφος. Μιά άλλη εφεύρεση ήταν τό εκκύκλημα. Ήταν ένα χαμηλό όχημα με τροχούς που χρησιμοποιούνταν για την μεταφορά βαρειών αντικειμένων από και προς την σκηνή (όπως θρόνοι) και επίσης νεκρών μιά και η αναπαράσταση φόνου ή αυτοκτονίας απαγορεύονταν αυστηρά στο αρχαίο θεατρικό δράμα. Η περιάκτος και τό εκκύκλημα εξελίχθηκαν από τον πήλινο τροχό και τό όχημα με τροχούς αντίστοιχα και δέν έχουν σημαντική αξία σάν εφευρέσεις.

Η *μηχανή* δέν φαίνεται να έχει κοντινό προηγούμενο και η κατασκευή της μοιάζει να έχει μεγάλη τεχνική αξία μιά και σχεδιάστηκε καθ' υπαγόρευση των αναγκών του θεάτρου και δέν προήλθε σάν αποτέλεσμα μακράς εξέλιξης. Παρ' όλο που υπάρχουν πολλές απεικονίσεις θεατρικών έργων σέ αγγειογραφίες, απ' όπου συμπεραίνεται η χρήση της μηχανής, υπάρχουν πολύ λίγες πληροφορίες για τη μορφή της γιατί την ήθελαν να είναι αόρατη. Σέ αγγείο που βρίσκεται στο Μουσείο Τέχνης Μετροπόλιταν της Νέας Υόρκης φαίνεται το σώμα του Σαρπηδόνας, γιού της Ευρώπης, να μεταφέρεται στον αέρα από τον Ύπνο και τον Θάνατο, πιθανώς από την τραγωδία του Λιοχύλου Ευρώπη (Σχήμα 1α). Υπάρχει μιά σημαντική πληροφορία ότι δηλαδή ο μηχανισμός δέν ήταν ιδιαίτερα εμφανής. Αυτό μοιάζει να συμφωνεί και με τίς απόψεις της αισθητικής μιάς και ένας ορατός μηχανισμός δέν θά ήταν σέ συμφωνία με τό όλο ύφος των σκηνικών και των κόστους που χρησιμοποιούνταν.

Σέ άλλη σωζόμενη αγγειογραφία (Σχήμα 1β) φαίνονται ο Δίας και ο Ηρακλής να απειλούν τον Απόλλωνα με τον κεραυνό και τό ρόπαλο, πιθανόν από την κωμωδία Ηρακλής. Είναι ενδιαφέρον ότι ο Απόλλων μοιάζει να κάθεται σέ ένα ικρίωμα που μοιάζει εκτός χώρου και μάλλον πρέπει να είναι μιά καρικατούρα της μηχανής. Αν περί αυτού πρόκειται, τότε έχουμε μιά έμμεση απεικόνιση του μηχανισμού.

Σε άλλη αγγειογραφία που σώζεται, φαίνεται μιά σκηνή από την Μήδεια του Ευριπίδη. Σ' αυτήν η Μήδεια είναι έτοιμη να πετάξει στην Αθήνα με τό άρμα του Ήλιου που τό οδηγούν φίδια. Αυτό τό άρμα πρέπει να είναι ο μηχανισμός. Κάτω από την Μήδεια φαίνονται τά νεκρά παιδιά της, αριστερά ο Ιάσων και δεξιά πιθανότατα η Αφροδίτη. Πάλι η μηχανή δέν φαίνεται, εκτός από τά κύρια σκηνικά στοιχεία που είναι τό άρμα και τά φίδια (Σχήμα 2α).



α. β.
ΕΙΚ 1 α. Η Ευρώπη και ο Σαρπηδών μεταφέρονται στον αέρα με τη μηχανή.
β. Ο Ηρακλής απειλεί τον Απόλλωνα

ΦΙΛΟΛΟΓΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ

Παρ' όλο που κανείς μηχανισμός ούτε απεικονίσεις του δέν σώζονται υπάρχουν αρκετές αναφορές σέ έργα πού σώζονται από τις οποίες αντλούμε πληροφορίες γιά τόν σχεδιασμό καί τήν λειτουργία του. Λεπτομερείς πληροφορίες γιά τόν εξοπλισμό σκηνης καί τούς μηχανισμούς της δίδονται από τόν Βιτρούβιο (1ος αιώνας μ.Χ) καί τόν Pollux (3ος αιώνας μ.Χ) ο οποίος τόν περιγράφει ως ακολούθως: "Ο μηχανισμός δείχνει θεούς ή ήρωες στόν αέρα. Ήταν τοποθετημένος στήν αριστερή πάροδο." Αυτό προσδιορίζει τήν θέση τού κεντρικού μέλους τού μηχανισμού μόλο πού δέν διευκρινίζεται σέ ποιά μεριά. Καθορίζει επίσης καί τήν ακτίνα λειτουργίας αφού ο από μηχανής θεός εμφανιζόταν περίπου στό μέσο τής σκηνης. Σύμφωνα μέ τόν Jebb (Arnott 1962) πάντα πρίν τήν εμφάνιση τού μηχανισμού προηγούνταν κάποιοι στίχοι ή κάποιες καλυμμένες φράσεις στόν διάλογο γιά νά τού δώσουν χρόνο νά μπει στόν χώρο. Αυτό μάς χρησιμεύει γιά νά χρονομετρήσουμε τις αντίστοιχες διαδικασίες.

Μιά πρόσθετη μαρτυρία ότι ο μηχανισμός χρησιμοποιούνταν από τόν Αισχύλο έχουμε στόν Προμηθέα Δεσμώτη όπου η είσοδος τού χορού τών Ωκεανίδων μέ άρμα



α. β.
ΕΙΚ. 2 α. Η Μήδεια στο άρμα που το σέρνουν φίδια,
β. Ο Βελλερεφόντης υπεύει τον Πήγασο

αναγγέλεται από τόν Προμηθέα από δεκατριείς στίχους ενώ οι αντίστοιχοι στίχοι τού Ευριπίδη είναι 6 ως 7. Μιά εξήγηση γι' αυτό ίσως είναι τό σημαντικό φορτίο πού έπρεπε νά μεταφερθεί. Αφού τά μέλη τού χορού ήταν δεκαπέντε τό μεταφερόμενο φορτίο θά

ήταν περίπου 1000 κιλά. Υπάρχει πάντως και μία άλλη εκδοχή: δύο μηχανισμοί να χρησιμοποιούνταν, όπως προτάθηκε από τον σχολιαστή Λουκιανό (2ος μ.Χ αιώνας), ένας σε κάθε μεριά. Αυτό υποβιβάζει το φορτίο σε 500 κιλά, πάλι θαυμαστό για την εποχή. Ο Pollux περιγράφει τον μηχανισμό σαν γερανό που έρχεται από ψηλά και απιθώνει το σώμα του Μέμνωνα στην Αισχύλεια τραγωδία.

4. ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

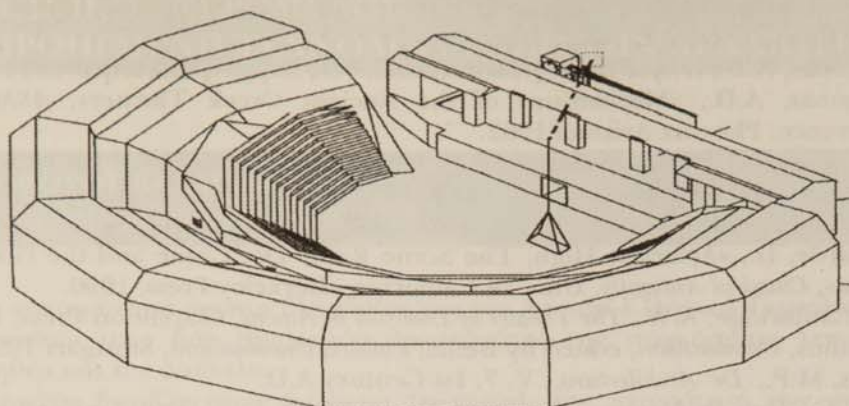
Από τις αρχαιολογικές και ιστορικές μαρτυρίες που αναφέρθηκαν φαίνονται πιθανές οι επόμενες προδιαγραφές για τη μηχανή.

1. Ήταν τοποθετημένη κοντά στην αριστερή πάροδο .
2. Λειτουργούσε σε κάποιο ύψος από τη σκηνή.
3. Οι ηθοποιοί μεταφέρονταν στο προσκήνιο περίπου στο μέσον της σκηνής.
4. Το μεταφερόμενο φορτίο ήταν συνήθως 400 κιλά αλλά σε μερικές περιπτώσεις έφθανε και τα 1000 κιλά.
5. Μπορούσε να κάνει κλυδωνισμούς
6. Το κύριο μέλος ήταν μία δοκός που περιστρεφόταν γύρω από μια άρθρωση.
7. Μπορούσε να παράγει τόσο κατακόρυφη κίνηση όσο και οριζόντια.
8. Ο χειριστής μπορούσε να ελέγχει την κατακόρυφη θέση του φορτίου.
9. Ένας τροχός βοηθούσε το χειριστή στο χειρισμό.
10. Σε μερικές περιπτώσεις ο μηχανισμός έπρεπε να κινηθεί γρήγορα.
11. Είχε υπολογίσιμο αντίβαρο.
12. Το φορτίο έπρεπε να είναι τουλάχιστο μερικά σταθμισμένο.
13. Οι ηθοποιοί ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου στηρίζονταν από φορείο ή άρμα το οποίο κρεμόταν από τη μηχανή.
14. Οι θεατές ακόμα και κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορούσαν να δούν πολύ λίγο μέρος από τη μηχανή.

Δύο κύρια μοντέλα προτάθηκαν από τους κλασικιστές για τη μηχανή. Η M. Bieber (1939) πρότεινε γλίστρες στην κορυφή της σκηνής με τις οποίες οι ηθοποιοί θα μπορούσαν να μεταφέρονταν. Παρ' όλο που αυτό θα μπορούσε να έχει χρησιμοποιηθεί σε μερικές περιπτώσεις δεν συμφωνεί με τις περισσότερες από τις λειτουργίες που αναφέρθηκαν πριν. Ο Mastronarde (1990) πρότεινε μία περιστρεφόμενη δοκό, λίγο πιο ψηλά από την σκηνή, που θα περιστρεφόταν τόσο γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα όσο και γύρω από έναν οριζόντιο πακτωμένο πάνω στον κατακόρυφο. Αυτή η πρόταση συγκεράζει πολλές από τις προηγούμενες παρατηρήσεις αλλά έχει μερικά τεχνικά όσο και προβλήματα χειρισμού όπως ότι δεν μπορεί να κατεβάσει τους ηθοποιούς στην ορχήστρα, είναι αρκετά ορατή μία και οι διαστάσεις της θα είναι υπολογίσιμες και θα ήταν αδύνατο για τον χειριστή να έχει ακριβή έλεγχο της κίνησης. Ο Χουρμουζιάδης (1965) πρότεινε μία μικρή υπερκατασκευή στην κορυφή της σκηνής για να κρύψει τον μηχανισμό αλλά αυτό μοιάζει τεχνικά και αισθητικά αδύνατο.

Κάνοντας μία προσπάθεια ανακατασκευής θα τοποθετούσαμε την στήριξη της μηχανής πίσω από την σκηνή και κοντά στην αριστερή πάροδο του Αθηναϊκού θεάτρου. Το μήκος ανάμεσα στην άρθρωση και τον γάντζο θα ήταν περίπου 10 μ. Για να έχουμε αντίβαρο που να εξασφαλίζει την ισορροπία ένα πρόσθετο μήκος 4 μ. χρειαζόνταν. Αυτό συνεπάγεται ένα συνολικό μήκος δοκού 14 μ. περίπου το μήκος ενός μεγάλου κυπαρισσιού, δένδρου που βρίσκεται στην Ελλάδα Η διάμετρος ενός τέτοιου δένδρου στο σημείο άρθρωσης πρέπει να ήταν περίπου 0.4 μ. Το μέγιστο φορτίο που μπορούσε να φέρει η δοκός στην άκρη της ήταν περίπου 10000 N, αν υποθέσουμε αντοχή σε κάμψη 20 MPa. Φαίνεται ότι το φορτίο αυτό στον Προμηθέα Δεσμώτη ήταν αρκετά εφικτό.

Το σημείο άρθρωσης έπρεπε να είναι πίσω από την σκηνή και κάτω από το επίπεδο της ώστε στην οριζόντια θέση η μηχανή ήταν πλήρως κρυμμένη. Η θέση αυτή ήταν και η θέση ανάπαυσης του μηχανισμού (Σχ. 3). Για να πλησιάσει το μέσον της σκηνής ο μηχανισμός έπρεπε πρώτα να ανυψωθεί κατά 30° και μετά να περιστραφεί κατά 30° περί τον κατακόρυφο άξονα. Για να κατεβάσουν τους ηθοποιούς στο μέσο της



ΕΙΚ. 3 Η μηχανή στη θέση ανάπαυσης και με διακεκομμένη γραμμή σε θέση λειτουργίας.

σκηνής χρησιμοποιούνταν μία ή περισσότερες τροχαλίες. Αυτό τό εξασφάλιζε ένας λόγος μοχλού προς διάμετρο τροχού 10/1. Επίσης μία και το κατέβασμα γινόταν μόνο με τόν μοχλό, η τριβή στο άκρο τής δοκού βοηθούσε αναμφίβολα τόν χειριστή.

Είναι αδύνατο νά υπολογίσουμε με μεγάλη ακρίβεια τούς χρόνους τής κίνησης τού μηχανισμού. Πάντως από παρατηρήσεις και άλλα στοιχεία τής θεατρικής παράστασης πρέπει νά ήταν τής τάξης τών μερικών δευτερολέπτων. Αν υποθεθούν 5 δευτερόλεπτα γιά γωνία στροφής 60° η δύναμη στά 4 μ. από τήν άρθρωση είναι περίπου 125 κιλά. Αυτή η δύναμη δέν μπορεί νά εφαρμόζονταν από έναν χειριστή αλλά μπορούμε νά υποθέσουμε ότι σε μερικές περιπτώσεις υπήρχε η συνδρομή ενός δεύτερου χειριστή. Γιά τά συνήθη φορτία τών 200 ως 400 κιλών ένας χειριστής επαρκούσε. Πάντως με τέτοιες δυνάμεις πού αναπτύσσονταν ήταν αμφίβολο άν ο ένας χειριστής μπορούσε νά ελέγξει απόλυτα τήν κίνηση. Από όσα πάντως γνωρίζουμε γιά έλεγχο φορτίου σχοινιά πρέπει να ήταν σε χρήση γιά νά εξασφαλίσουν κυκλική τροχιά σε σημεία τής δοκού. Στόν μηχανισμό ο πιο πιθανός σχεδιασμός ήταν νά κάνει κυκλική τροχιά ένα σημείο μεταξύ άρθρωσης και γάντζου με τήν βοήθεια τών σχοινιών και έτσι νά εξασφαλίζεται ελλειπτική τροχιά γιά τήν άκρη τής δοκού. Αυτό καταλήγει σε έναν χωρικό μηχανισμό τεσσάρων ράβδων γιά γέννηση ελλειπτικής τροχιάς τού άκρου τής δοκού.

5. ΚΑΤΑΛΗΞΗ

Την επεξεργασία τών αρχαιολογικών και φιλολογικών ευρημάτων και τών παραδοχών που προαναφέρθηκαν ακολούθησε η κινηματική και δυναμική ανάλυση της μηχανής από ομάδες καθηγητών και φοιτητών των πανεπιστημίων Washington στο St Louis και Πατρών. Οι αλγόριθμοι που αναπτύχθηκαν συγκεντρώθηκαν σε προγράμματα για υπολογιστή και είναι πλέον εύκολη η αναπαράσταση της κίνησης της μηχανής στο χώρο καθώς και η ακριβής εκτίμηση τών φορτίων και της δύναμης που απαιτείται από τόν χειριστή. Τέλος, η λεπτομερής σχεδίαση έδωσε μια πλήρη σειρά κατασκευαστικών σχεδίων και κατάλογο υλικών όλων των επι μέρους εξαρτημάτων της μηχανής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αναπαράσταση της μηχανής είναι γεωμετρικά συμβατή με το κτίριο της σκηνής και τη θεατρική λειτουργία. Η κατασκευή ενός πρωτοτύπου σε συνδυασμό με μια θεατρική παράσταση θα αποτελέσει την ολοκλήρωση της προσπάθειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arnott, P., *Greek Scenic Conventions in the 5th Century BC*, Clarendon Press, Oxford 1962.
Biebr, M., *The History of Greek & Roman theater*, Princeton Univ. Press, Princeton 1939.

- Chourmouziades, N.C., «Production & Imagination in Euripides», *Greek Humanistic Society Journal*, Series 2, No 5, Athens 1965.
- Dimarogonas, A.D., *Ιστορία της Τεχνολογίας*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1984.
- Dimarogonas, A.D., «Mechanisms of the Ancient Greek Theater», *ASME Design Conference*, Phoenix Arizona 1992.
- Dimarogonas, A.D., *Vibration for Engineers*, 2nd Edition, Prentice-Hall Int., 1996.
- Dimarogonas, A.D., *The Origin of the Theory of Machines and Mechanisms, 40 Years of Modern Kinematics*, J. Wiley and Sons, New York 1992.
- Mastronarde, D., «Actors at High. The Scene Roof, The Crane and the Gods in Attic Drama», *Classical Antiquity*, Univ. of California - Berkeley Press, 1990.
- Pickard Cambridge, A.W., *The Theater of Dionysos in Athens*, Clarendon Press, 1955.
- Pollux Julius, *Onomastikon*, edited by Bethe, *Pollucis Onomastikon*, Stuttgart 1890.
- Vitruvius, M.P., *De Architectura*, V. 7, 1st Century A.D.
- Vitzileos, G., *Deus Ex Machina*, Graduate Thesis, Mech. Eng. Dept. University of Patras, 1994.

SUMMARY

DESIGN AND RECONSTRUCTION OF "DEUS-EX-MACHINA"

TH. CHONDROS - A. DIMAROGONAS

Archaeological evidences and descriptions of mechanisms used in the ancient Greek theatre were investigated in an attempt to reconstruct the Deus Ex Machina. None of these machines, made of perishable materials, is extant. However, from the numerous references to such machines in extant tragedies or comedies and vase paintings will yield information about its design and operation.

They are large mechanisms consisting of beams, wheels and ropes which could raise weights up to one ton and, in some cases, move them back and forth violently to depict space travel, when the play demanded it. They were well-balanced and they could be operated, with some exaggeration perhaps, by the finger of the engineer. There is indirect information about the timing of these mechanisms. During the loading and the motion there were specific lines of the chorus, from which we can infer the duration of the respective operation. The fact that the designer himself operates the machine, could only point to a complex mechanical device.

Based on the work of Dimarogonas ["Mechanics of the Ancient Greek Theater", 1992 ASME Design Conference, Phoenix, Arizona], static and dynamic analysis as well as simulation of the mechanism kinematics were performed.

The reconstructed mechanism is a spatial three or four bar linkage designed for path generation. Furthermore, a detailed design of the various parts of the mechanism is presented. In this way the reconstruction and operation could be feasible.