



## ΔΠΜΣ

Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία

Διπλωματική Εργασία

**“Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης”**

Αλέξανδρος Χριστοδούλου – ΜΝΣΝΔ20074

Χριστίνα Αναστασία Κορκολή – ΜΝΣΝΔ20034

Επιβλέπων:

Καθηγητής Νικόλαος Μελανίτης

Πειραιάς

Μάρτιος 2022

## ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / ΖΗΤΗΜΑΤΑ COPYRIGHT

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας των πιθανών συνεπειών αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΜΕΛΟΣ Α΄: Καθηγητής Ν. Μελανίτης, ΣΝΔ

ΜΕΛΟΣ Β΄: Αναπλ. Καθηγητής Ε. Παριώτης, ΣΝΔ

ΜΕΛΟΣ Γ΄: Αναπλ. Καθηγητής Α. Κουτσομιάλης, ΣΙ



*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

## **Ευχαριστίες**

Αρχικά, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας Δρ. Νικόλαο Μελανίτη, Κοσμήτορα και Καθηγητή της Σχολής Ναυτικών Δοκίμων για την πολύτιμη, εν γένει, αρωγή του στην εκπόνηση της διπλωματικής μας εργασίας και συγκεκριμένα για τον πολύτιμο χρόνο που μας αφιέρωσε καθώς και την αμέριστη συμβολή και συνεχή καθοδήγησή του καθ' όλη την περίοδο της συγγραφής της παρούσας.

Επιπρόσθετα θα θέλαμε να του εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας, για την ένυλη έκφραση εμπιστοσύνης προς το πρόσωπο μας, μέσω της παραχώρησης της πρόσβασής μας σε πληροφορίες σχετικά με ένα υπό ανάπτυξη ερευνητικό πρόγραμμα, καθιστώντας μας κοινωνούς αυτής της ρηξικέλευθης ιδέας.

Ευχαριστούμε ιδιαίτερω και τον Δρ. Κωνσταντίνο Σταματάκη, Επιστημονικό Συνεργάτη του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού Κέντρου Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος» για την παροχή επιστημονικής υποστήριξης και την επιμόρφωσή μας σε πολύτιμα για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας τεχνολογικά εργαλεία και εφαρμογές.

Τέλος, οφείλουμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στη Σχολή Ναυτικών Δοκίμων και το Πανεπιστήμιο Πειραιώς, υπό την αιγίδα των οποίων δημιουργήθηκε αυτό το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα. Η συμμετοχή στο εν λόγω Πρόγραμμα, μας όπλισε με πολύτιμες γνώσεις και εμπειρίες και αναμφισβήτητα θα αποτελέσει τον ακρογωνιαίο λίθο για τη μετέπειτα εξέλιξή μας στον ευρύτερο χώρο της Ναυτικής Επιστήμης και Τεχνολογίας.

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου «NAVMAT», το οποίο υποστηρίζεται από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) - Δράση «1η Προκήρυξη ερευνητικών έργων ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για την ενίσχυση των μελών ΔΕΠ και Ερευνητών/τριών και την προμήθεια ερευνητικού εξοπλισμού μεγάλης αξίας (Αριθμός Έργου: 822)».



*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες .....	iv
Περιεχόμενα.....	v
Περίληψη .....	1
Abstract.....	1
Εισαγωγή .....	2
Κεφάλαιο 1: Αστοχία υλικών και οντολογία.....	3
1.1. Οντολογία και ταξινόμηση.....	3
1.2. Η γενική ιδέα (concept).....	5
1.3. Λειτουργία πλατφόρμας.....	5
Κεφάλαιο 2 : Ανάπτυξη Οντολογίας για συστήματα διαχείρισης αστοχιών υλικών .....	7
2.1. Οντολογικές έννοιες και σχέσεις για την Αστοχία των Υλικών .....	8
2.2. Οφέλη από την Οντολογία .....	9
2.3. Αξιολόγηση ασφάλειας και πρόβλεψη ζωής.....	9
2.4. Αρχή λειτουργίας Protégé .....	10
2.5. Αρχιτεκτονική του σχεδιαζόμενου συστήματος .....	11
2.6. Δυνατότητες του συστήματος .....	13
2.7. Αξιοπιστία και ασφάλεια συστήματος .....	13
2.8. Ρόλοι και άδειες χρηστών .....	14
2.9. Web interface .....	15
Κεφάλαιο 3: Δομή πινάκων οντολογίας .....	16
Κεφάλαιο 4: Δοκιμή απόδοσης συστήματος οντολογίας μέσω μελέτης περιστατικών (case studies).....	28
4.1. Μελέτη case study No.1 : Βλάβη συστήματος αγκυροβολίας .....	28
4.2. Μελέτη case study No2: Διαβρώσεις εξωτερικών καταστρωμάτων σε περιοχές απορροής υδάτων .....	30
4.3. Μελέτη case study No3: Θραυσμένοι κοχλίες σύνδεσης τορπιλοσωλήνων ΥΒ ....	32
4.4. Μελέτη case study No4: Αστοχία άξονα ηλεκτρομηχανής .....	35
Συμπεράσματα .....	36
Βιβλιογραφία .....	38



*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

## Περίληψη

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στη διαχείριση της αστοχίας υλικών και συστημάτων σε μία μεγάλη βιομηχανία ή και σε έναν πάροχο τεχνικών υπηρεσιών, είναι η μεθοδική καταγραφή και επιστημονική ταξινόμηση του προβλήματος, η πρόταση τεχνικών και οικονομικών λύσεων και η δυνατότητα της εύκολης ανάκτησης της πληροφορίας. Η δημιουργία ενός συστήματος βασισμένου στη γνώση που θα καταγράφει, διαβαθμίζει, ταξινομεί και ανακαλεί εύκολα και γρήγορα κάθε πληροφορία, ιστορικό λειτουργίας και συντήρησης, συζητήσεις, μελέτες, προμηθευτές, και συντελεστές – μάρτυρες για κάθε περιστατικό αστοχίας υλικών, εξαρτημάτων και συστημάτων αποτελεί αδήριτη ανάγκη για κάθε πολύπλοκο βιομηχανικό και επιχειρησιακό περιβάλλον. Η ύπαρξη περιεχομένου σε διαφορετικές γλώσσες και η πολυμορφία της πληροφορίας στοιχειοθετούν την ανάγκη χρήσης έξυπνων συστημάτων, που θα ξεφεύγουν από την λογική της ευρετηρίασης και ανάκτησης πληροφορίας με βάση την απλή αναζήτηση σχετικών όρων.

Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος προϋποθέτει τη διαμόρφωση της οντολογίας του συστήματος και των σημασιολογικών λεξικών. Η ανάλυση του περιεχομένου (σε ελληνικά, αγγλικά και άλλες γλώσσες), η επισημείωση και ταξινόμηση της γνώσης γίνεται με όρους επιστήμης των υλικών (π.χ. υλικό, εξάρτημα, καταπόνηση, τύπος αστοχίας, μέθοδοι ελέγχου).

Σκοπός την εργασίας αυτής είναι η ανάπτυξη της οντολογίας και των σημασιολογικών λεξικών στα ελληνικά και αγγλικά, για τα βιομηχανικά υλικά ναυτικού περιβάλλοντος, τα εξαρτήματα και στοιχεία μηχανής που εμφανίζουν συχνότερη αστοχία, τη μορφή της αστοχίας και τα αίτια, καθώς και κάθε άλλης κατηγορίας εννοιών που απαιτείται για τον «αρχιτεκτονικό» σχεδιασμό ενός τέτοιου συστήματος.

## Abstract

One of the most important issues in managing the failure of materials and systems in a large industry or in a technical service provider is the methodical recording and scientific classification of the problem, the proposal of technical and economic solutions and the capability of easy retrieval of information. Creating a knowledge-based system that easily and quickly records, ranks, classifies and retrieves any information, operating and maintenance history, discussions, studies, suppliers, and witnesses for each failure of materials, components, and systems is an urgent need for any complex industrial and business environment. The existence of content in different languages and the diversity of information showcase the need to use intelligent systems, which will go beyond the logic of indexing and retrieving information based on the simple search for relevant terms.

The development of such a system presupposes the formation of the system ontology and semantic dictionaries. The analysis of the content (in Greek and English), the marking and classification of knowledge is done in terms of material science (eg material, component, stress, type of failure, control methods).

The purpose of this work is the development of ontologies and semantic dictionaries in Greek and English, for the industrial materials of the marine environment, for the parts and components of a machine, where frequent failure occurs and last but not least for the form of the failure and the cause, as well as any other category of concepts required for the architectural development of such a system.



*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

## **Εισαγωγή**

Ένα από τα μείζονα θέματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι μεγάλοι οργανισμοί, όσον αφορά στη διαχείριση υλικών και συστημάτων, είναι η ενδεδειγμένη καταγραφή αστοχιών που παρατηρούνται στα υλικά και στα συστήματα τους. Έκτος, όμως από την καταγραφή εξίσου απαραίτητες διαδικασίες είναι και αυτές της αξιολόγησης των αστοχιών, της αναγνώρισης των αιτιών που τις προκάλεσαν και εν συνεχεία της εύρεσης εφικτών λύσεων.

Η ανάγκη για τη μελέτη των αστοχιών, πέραν από την εύρεση των καλύτερων δυνατών λύσεων τη δεδομένη στιγμή, αποσκοπεί και στην μετέπειτα αξιοποίηση τους αν αυτές οι αστοχίες παρατηρηθούν ξανά σε κάποιο σύστημα. Για να επιτευχθεί όμως αυτό, η γνώση που αποκτάται κάθε φορά από τις εκάστοτε μελέτες αστοχίας πρέπει να καταγράφεται, και ταυτόχρονα να συλλέγονται δεδομένα, να εξάγεται κάποιο πόρισμα και όλα αυτά να μπορούν να ανακτηθούν στο μέλλον, με έναν εύκολο τρόπο που φέρει τη δυνατότητα και για μετέπειτα αξιοποίηση. Από τα παραπάνω είναι εμφανές ότι δεν πρόκειται για κάποιο εύκολο εγχείρημα.

Παρόλα αυτά, η ανάγκη για ένα τέτοιο εγχείρημα σε έναν στόλο πλοίων είναι απαραίτητη. Κάθε βλάβη που παρατηρείται σε ένα πλοίο αντιμετωπίζεται είτε αμιγώς από το πλήρωμα του πλοίου, είτε με τη συνδρομή εξωτερικών συνεργείων, με αποτέλεσμα όλη η γνώση που έχει συλλέξει το προσωπικό να τους συνοδεύει για όσο χρονικό διάστημα παραμένουν στο πλοίο, το οποίο υπολογίζεται ότι έχει ένα μέσο όρο τριών ετών. Το προσωπικό που εξαιρείται από αυτόν τον κανόνα και παραμένει πάνω από τριετία σε ένα πλοίο, ασχολείται κυρίως με πρωτογενείς εργασίες, δεν κατέχει διοικητική θέση και τις απαραίτητες γνώσεις και εμπειρία ώστε να μπορεί να ερμηνεύσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο μια βλάβη και να λάβει τις δέουσες ενέργειες. Επομένως, πιθανές παρόμοιες βλάβες που μπορεί να προκύψουν σε κάποιο άλλο πλοίο, αντιμετωπίζονται από την αρχή ως ένα πρωτόγνωρο γεγονός και οι μοναδικές γνώσεις που αξιοποιούνται είναι αυτές που έχουν καταγραφεί είτε σε αναφορές εντός του οργανισμού είτε αυτές που άτυπα μεταφέρονται μεταξύ του προσωπικού, τηλεφωνικά ή δια ζώσης.

Από τα παραπάνω είναι εμφανές ότι υπάρχει αδήριτη ανάγκη για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής με απώτερο στόχο τη διαχείριση της γνώσης στην αστοχία των υλικών. Προκειμένου όμως να επιτευχθεί αυτό, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη της οντολογίας ενός τέτοιου συστήματος, μίας έννοιας που αφορά στην οργάνωση και συσχέτιση της πληροφορίας και θα αναλυθεί ενδελεχώς στη συνέχεια της εργασίας.



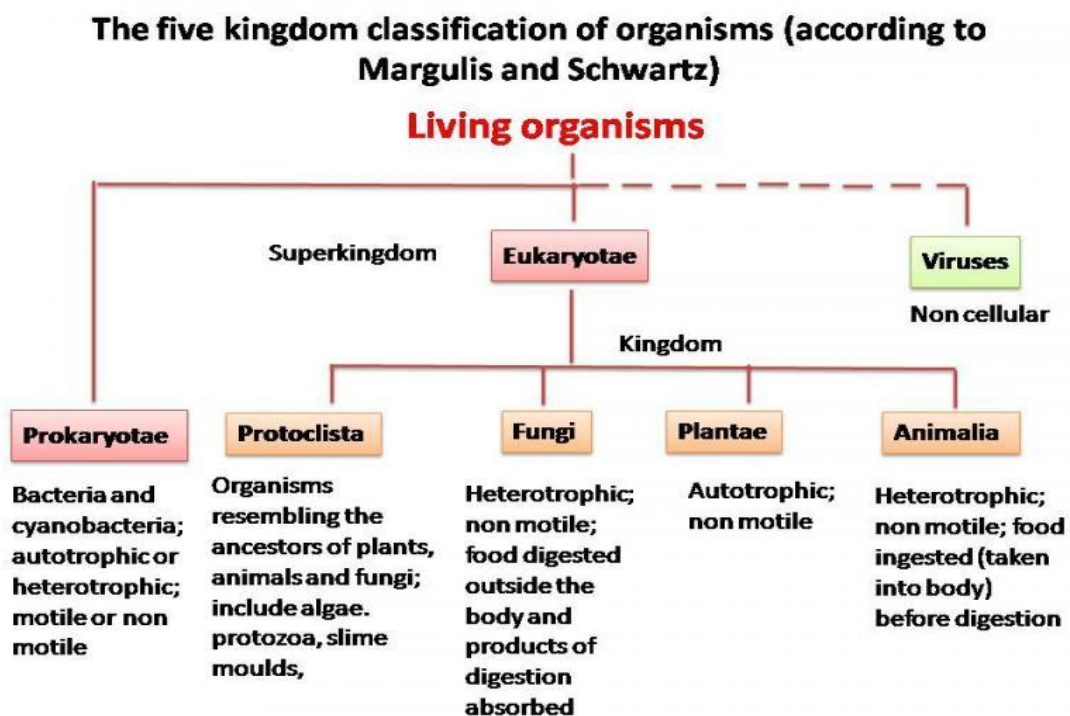
“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

## Κεφάλαιο 1: Αστοχία υλικών και οντολογία

### 1.1. Οντολογία και ταξινόμηση

Με τον όρο οντολογία προσδιορίζονται έννοιες και σχέσεις που συνδέονται μεταξύ τους. Με τον όρο «ταξινόμηση» αναφερόμαστε στις ιεραρχικά δομημένες σχέσεις μεταξύ εννοιών, δηλαδή στις εννοιολογικές σχέσεις οι οποίες προσδιορίζονται με έναν και μόνο, συγκεκριμένο όρο ή διάσταση. Ένα κλασικό παράδειγμα ταξινόμησης είναι αυτό των ζώων και των φυτών, προκειμένου να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τον φαινότυπο τους. Αυτή η ταξινόμηση περιέχει τόσο όρους π.χ. σαρκοφάγο όσο και κανόνες που καθορίζουν το συσχετισμό των όρων μεταξύ τους. Κάθε ταξινόμηση είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένη ώστε να περιέχει μόνο μια διάσταση. Οι ταξινομήσεις, ωστόσο, έχουν περιορισμούς. Δεν μπορούν να αντιπροσωπεύουν σχέσεις σε διαφορετικούς τομείς. Μπορούν να ορίσουν μόνο κατηγορίες εντός ενός τομέα.

Από την άλλη πλευρά, η οντολογία αποτελεί ένα πιο γενικό αντικείμενο. Αποτελεί συλλογή όρων ή εννοιών και περιγράφει σχέσεις και περιορισμούς. Πώς εκφράζεται μια οντολογία όμως σε μαθηματικούς όρους; Μια οντολογία είναι κυρίως μια κατευθυνόμενη ακυκλική γραφική παράσταση, δηλαδή δεν υπάρχει ξεκάθαρη αρχή και τέλος, ενδεχομένως με ένα μόνο μεταβατικό κλείσιμο που περιέχει όλους τους κόμβους στο γράφημα, το οποίο αναπαρίσταται. Από την άλλη, στην ταξινόμηση υπάρχει ένα ακυκλικό γράφημα, με αποτέλεσμα οι βρόχοι να μην είναι δυνατόν να πάρουν κάποιο σχήμα. Με άλλα λόγια θα μπορούσαμε να πούμε ότι η οντολογία αποτελεί τη γενικότερη έννοια μεταξύ των δύο και ότι η ταξινόμηση αποτελεί ουσιαστικά μια οντολογία σε μορφή δέντρου.[1]



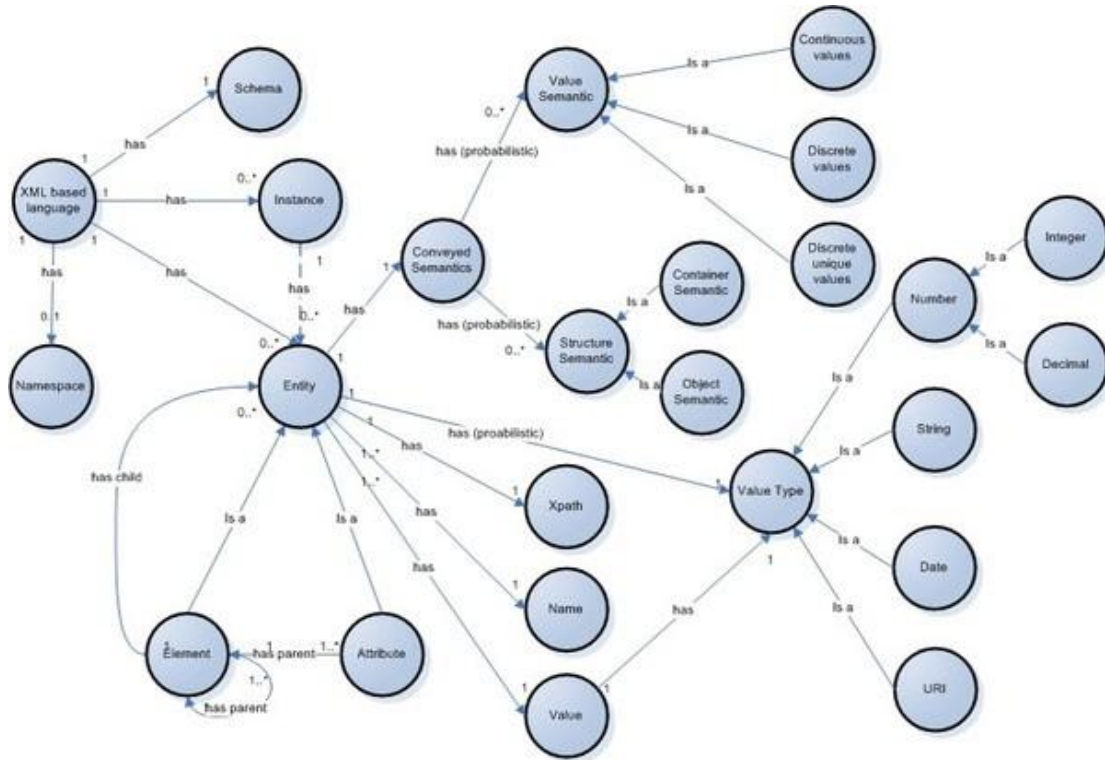
Εικόνα 1: Ταξινόμηση ζωντανών οργανισμών σύμφωνα με τους Margulis και Schwartz σε μορφή δέντρου όπου οι πληροφορίες είναι διαμοιρασμένες σε διάφορες κατηγορίες (Πηγή: crazycrittersinc.com)





“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

Στην Εικόνα 1, έχουμε το παράδειγμα μιας ταξινόμησης που έχει τη μορφή δέντρου. Αρχικά έχουμε μια βασική κατηγορία, αυτή των ζωντανών οργανισμών από την οποία προκύπτουν τρεις υποκατηγορίες: οι προκαρυωτικοί οργανισμοί, οι ευκαρυωτικοί και οι ιοί. Στη συνέχεια, οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί διαιρούνται περαιτέρω σε άλλες υποκατηγορίες, κάτω από τις οποίες περιγράφονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει καμία σύνδεση μεταξύ των υποκατηγοριών που προκύπτουν, καθώς δεν υπάρχει στο γράφημα ούτε ένα βέλος που να συνδέει μια υποδιαίρεση που προκύπτει με μια άλλη.



Εικόνα 2: Γράφημα οντολογίας για τη γλώσσα XML (Πηγή:stangarfield.medium.com)

Από την άλλη, στην Εικόνα 2, αναπαρίσταται ένα παράδειγμα οντολογίας. Αρχικά, έχουμε τη βασική κατηγορία που είναι η γλώσσα XML από την οποία, στη συνέχεια προκύπτουν άλλες υποκατηγορίες, οι οποίες μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους. Οι υποκατηγορίες δεν έχουν διακριτά χαρακτηριστικά και μονοδιάστατη μεταξύ τους σύνδεση. Κάθως πολλές από αυτές μπορούν να καταλήγουν σε μια άλλη, κοινή υποκατηγορία. Για παράδειγμα οι έννοιες Value, URI, Date, String, Number που απεικονίζονται στο γράφημα, καταλήγουν στο Value Type .[1,2]

Με βάση τις παραπάνω αρχές και λαμβάνοντας υπόψη τη σπουδαιότητα ανάπτυξης μιας πλατφόρμας για τη διαχείριση αστοχίας υλικών, προέκυψε και η ιδέα της δημιουργίας ενός συστήματος βασισμένου στη γνώση (knowledge based system) με τίτλο «NAVMAT». Το «NAVMAT» αποτελεί ένα έργο για τη διαχείριση της αστοχίας καθώς παρατηρήθηκε ότι σε ένα στόλο πλοίων καταγράφεται πληθώρα βλαβών και αστοχιών, οι οποίες κάθε φορά αντιμετωπίζονται ως κάτι πρωτόγνωρο και καινούριο.

Μέσα από την ανάπτυξη του NAVMAT και με τη βοήθεια της οντολογίας και της ταξινόμησης θα δημιουργηθούν διάφορες ομάδες προκειμένου να οργανωθεί η πληροφορία



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε στο μέλλον να είναι δυνατή η εξόρυξή της και η συσχέτιση της με το παρελθόν, ανάλογα με το περιστατικό που εξετάζεται κάθε φορά.

Η παραπάνω εφαρμογή αποτελεί ένα ευρύτερο project της Σχολής Ναυτικών Δοκίμων στην οποία συμμετέχουν και ερευνητές από τον «Δημόκριτο», τη Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων και τη Σχολή Ικάρων. Το ερευνητικό έργο χρηματοδοτείται από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛΙΔΕΚ).

## 1.2. Η γενική ιδέα (concept)

Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία, κάποιος μπορεί να ανακαλύψει εγχειρίδια, έγγραφα, και συστήματα που στοχεύουν στη διαχείριση της γνώσης σχετικά με τη συντήρηση των υλικών. Τα περισσότερα όμως από αυτά είναι αναλύσεις, εγχειρίδια, ψηφιακά ημερολόγια τα οποία δημιουργούνται ετεροχρονισμένα (σε ύστερο χρόνο), με αποτέλεσμα να μην είναι τόσο εύκολο να αξιοποιηθούν σε ενδεχόμενη, μελλοντική βλάβη.

Εξαιτίας της ανάγκης για τη συλλογή της πληροφορίας και την εύκολη εισαγωγή δεδομένων για την αστοχία υλικών, δημιουργήθηκε η ιδέα για την ανάπτυξη ενός συστήματος – πλατφόρμας, το οποίο στοχεύει στη διαχείριση γνώσης της αστοχίας των ναυτικών υλικών, με διαδικασίες όπως η κωδικοποίηση γνώσεων, η συλλογή και η εισαγωγή δεδομένων περιστατικών, τα οποία γίνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνουν τη μετέπειτα αναζήτηση και την επαναχρησιμοποίησή τους με σκοπό την υποστήριξη μελλοντικών αποφάσεων.

Πέραν όμως αυτού, μία μετέπειτα επέκταση της εν λόγω εφαρμογής θα μπορούσε να είναι η αξιοποίηση της, για παράδειγμα, στη συντήρηση των μηχανών. Εισάγοντας όλα τα δεδομένα σε ένα υπολογιστικό νέφος (cloud), μαζί με τους χρόνους συντήρησης και ανάλογες συναρτήσεις για την ερμηνεία των δεδομένων τους, μπορεί να γίνει με επιτυχία πρόβλεψη αστοχιών και να αποτελεί ουσιαστικά μια δεύτερη άποψη μαζί με την ανάλυση που θα δώσει ενδεχομένως ένα συνεργείο που θα κάνει τις μετρήσεις .[3]

## 1.3. Λειτουργία πλατφόρμας

Η μηχανική γνώση και η ανάκτηση και σύνοψη πληροφοριών αποτελούν τις δύο βασικότερες προκλήσεις στη δημιουργία της πλατφόρμας. Η αρχή λειτουργίας της πλατφόρμας βασίζεται στην κοινή κατανόηση των όρων, των αισθήσεων και των σχέσεων μεταξύ αυτών. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία αυτής είναι η εισαγωγή συνοπτικών ορισμών και η αποθήκευση ενός σημαντικού πλήθους περιστατικών.

Απώτερος στόχος είναι η σύγκλιση σε ένα κοινό λεξιλόγιο και ένα σύνολο σχέσεων μεταξύ όρων προκειμένου η αποθήκευση, ευρετηρίαση και ανάκτηση των πληροφοριών να γίνονται με ευκολία.

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής και συγκεκριμένα των θεμάτων της οντολογίας και της ταξινόμησης τέτοιων συστημάτων διαχείρισης της γνώσης , θα γίνει η χρήση του διαδικτυακού εργαλείου Protégé,<sup>1</sup> το οποίο θα συμβάλλει στην επεξεργασία και στην εξέλιξη

<sup>1</sup> Η εφαρμογή Protégé αναπτύχθηκε από την Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου Stanford. Με τη χρήση της εφαρμογής αυτής οι προγραμματιστές μπορούν να ενσωματώσουν την έξοδο του Protégé με συστήματα κανόνων ή άλλους λύτες προβλημάτων για να κατασκευάσουν ένα ευρύ φάσμα ευφυών συστημάτων.

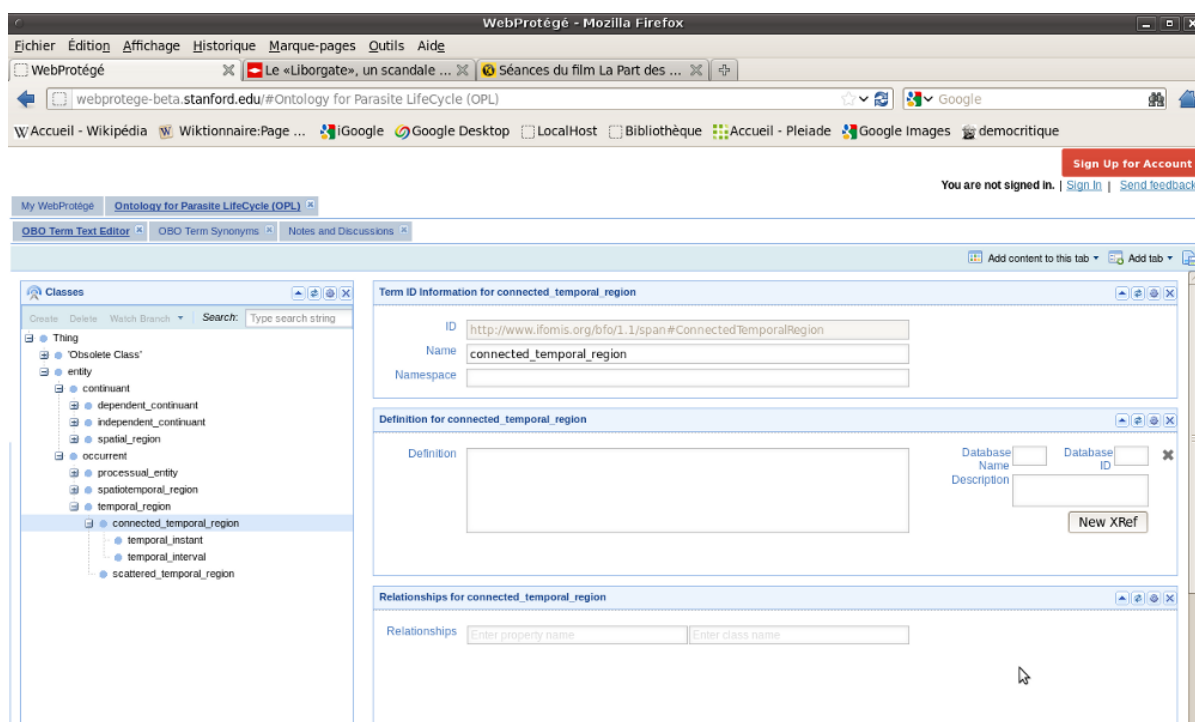


“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

της οντολογίας παρέχοντας δυνατότητες όπως την πλήρη παρακολούθηση των αλλαγών και του ιστορικού αναθεώρησης.

Το «Protégé» είναι μία ανοιχτή στο διαδίκτυο πλατφόρμα, η οποία έχει τις εξής δυνατότητες: παρέχει σε μια κοινότητα χρηστών, η οποία μπορεί να αυξάνεται συνεχώς μία σειρά από εργαλεία, προκειμένου να επιτευχθεί η κατασκευή μοντέλων κατηγοριοποίησης και γνωσιακών εφαρμογών με οντολογίες. Αναπτύχθηκε από το Κέντρο Βιοϊατρικής Έρευνας (Stanford Center for Biomedical Informatics Research) της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου του Στάνφορντ των Η.Π.Α. (Stanford University School of Medicine).

Το WebProtégé, αντίστοιχα, είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης οντολογίας για το διαδίκτυο, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα, με εύκολο τρόπο, να δημιουργείς, να μεταφορτώνεις (upload), να τροποποιείς και να μοιράζεσαι οντολογίες για ανάγνωση και τυχόν επεξεργασία.



Εικόνα 3: Το Webprotege (Πηγή: <http://democritique.org>)

Η εν λόγω πλατφόρμα υποστηρίζει πλήρως την πιο πρόσφατη «Διαδικτυακή Γλώσσα Οντολογίας» OWL 2. Η άκρως διαμορφώσιμη διεπαφή του χρήστη (user interface) δημιουργεί ένα ιδανικό περιβάλλον τόσο για αρχάριους όσο και για ειδικούς. Η πλατφόρμα παρέχει μία μεγάλη γκάμα χαρακτηριστικών για την άμεση συνεργασία με τον χρήστη όπως τη δυνατότητα διαμοιρασμού πληροφορίας (data sharing and permissions), ιστορικό σημειώσεων και συνομιλιών και ειδοποιήσεις μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email). Τέλος η εφαρμογή παρέχει τη δυνατότητα χρήσης των RDF/XML, Turtle, OWL/XML, OBO και άλλων formats για το upload και download οντολογιών. [19]

Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί μια πλατφόρμα «ανοικτού κώδικα» (open source), βασισμένη στη γλώσσα προγραμματισμού JAVA. Αξίζει να ανφερθεί ότι διαθέτει δύο βασικούς τρόπους μοντελοποίησης οντολογιών: την εφαρμογή «Protégé-Frames editor» όπου η κατασκευή οντολογίας ακολουθεί το πλαίσιο του πρωτοκόλλου Open Knowledge Base



*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

Connectivity (OKBC) και την εφαρμογή «Protégé-OWL editor» η οποία έχει τη δυνατότητα κατασκευής οντολογίας για τον Σημασιολογικό Ιστό (Semantic Web) (Μελανίτης, Γιαννακόπουλος, Σταματάκης, Μουζάκης, Κουτσομιχάλης, 2015).[3]

Ταυτόχρονα θα γίνει η χρήση εργαλείων κειμένων όπως για παράδειγμα λέξεις-κλειδιά προκειμένου να γίνει εφικτή η δημιουργία οντολογίας. Η λέξη - κλειδί είναι η βάση για την εξαγωγή και δημιουργία στατιστικών στοιχείων από τις υποθέσεις στα τρέχοντα συστήματα. Τα ακριβή στατιστικά στοιχεία εξαρτώνται από τη συνέπεια στις λέξεις – κλειδιά, σε διαφορετικούς πόρους δεδομένων, καθώς έτσι καθίσταται εφικτή η ομαδοποίηση εννοιών και η σύνδεση των διάφορων όρων μεταξύ τους. [3,19]

Το σχεδιαζόμενο σύστημα NAVMAT θα έχει τη δυνατότητα χρήσης λέξεων-κλειδιά στις κατηγορίες της οντολογίας του, ενώ παράλληλα θα μπορεί σε κάθε νέο περιστατικό να δημιουργεί και εν συνεχεία να κάνει χρήση συγκεκριμένων ετικετών. Κάθε μία από αυτές τις ετικέτες θα έχει προκύψει από την ανάλυση προηγούμενων περιστατικών. Με τη συνεχόμενη εισαγωγή δεδομένων και περιστατικών η βάση δεδομένων θα εμπλουτίζεται και οι προτάσεις του NAVMAT θα βελτιώνονται (έξυπνη αναζήτηση).

## **Κεφάλαιο 2 : Ανάπτυξη Οντολογίας για συστήματα διαχείρισης αστοχιών υλικών**

Για την ανάλυση της αστοχίας των υλικών έχουν πραγματοποιηθεί πολλά ακαδημαϊκά πειράματα, τα οποία όμως δεν είναι αρκετά για την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων. Αυτό συμβαίνει διότι το βιομηχανικό περιβάλλον είναι πάρα πολύ σύνθετο και επομένως είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί η ρεαλιστική προσομοίωση των συνθηκών του.

Πως μπορεί, επομένως, να διαπιστωθεί η ασφάλεια των διάφορων υλικών; Μία αξιόπιστη μέθοδος είναι μέσα από την ανάλυση των περιπτώσεων αστοχίας που παρατηρούνται σε αυτά. Μόνο έτσι είναι εφικτή η εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων, καθώς αυτά συμβαίνουν σε ρεαλιστικές συνθήκες κάτι το οποίο δεν μπορεί να επιτευχθεί μέσω προσομοιώσεων.

Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί βάσεις δεδομένων στις οποίες έχουν εισαχθεί περιπτώσεις αστοχίας. Παράδειγμα αποτελεί το Ανώτερο Δίκτυο της Εταιρείας Χημικών Μηχανικών της Ιαπωνίας, το οποίο διαθέτει πάνω από 300 περιπτώσεις αστοχίας στη βάση δεδομένων του. Τα περιστατικά αυτά, που ως επί το πλείστον έχουν λάβει χώρα σε διυλιστήρια πετρελαίου και χημικά εργοστάσια, συλλέχθηκαν και ακολούθως αναλύθηκαν από ειδικούς. Αξίζει, επιπλέον, να αναφερθούμε και στη δημιουργία μίας βάσης δεδομένων αστοχιών σε γέφυρες από τους George Lee, O'Conner, Qi και Wang, η οποία στοχεύει στον καλύτερο σχεδιασμό και τη συντήρηση γεφυρών. Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι οι βάσεις δεδομένων για αστοχίες υλικών, μηχανημάτων και κατασκευών δεν είναι κάτι πρωτόγνωρο. Κατά καιρούς έχουν δημιουργηθεί βάσεις δεδομένων που αφορούν είτε σε αστοχίες (διαβρώσεις) αγωγών, είτε σε γέφυρες είτε σε περιβαλλοντικά φαινόμενα διάβρωσης. [5,9]

Το μεγάλο πλεονέκτημα που προκύπτει από τη δημιουργία αντίστοιχων βάσεων δεδομένων είναι ότι μέσω αυτών δύναται πολύ εύκολα να παρασχεθούν – κοινοποιηθούν δεδομένα και σε άλλους ερευνητές και μηχανικούς (ευρύτερη επιστημονική κοινότητα). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δυνατότητα ανταλλαγής γνώσης (αλληλεπίδραση) και επομένως την



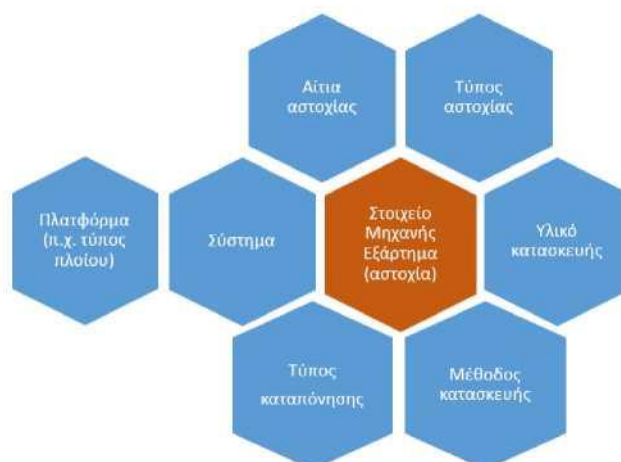
“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

εξαγωγή πληρέστερων, ήτοι εγκυρότερων συμπερασμάτων. Με την εμφάνιση του Διαδικτύου και του Σημασιολογικού Ιστού (Berners-Lee, Hendler, & Lassila, 2001), η οντολογία έχει υιοθετηθεί ως το πιο δημοφιλές εργαλείο για την αναπαράσταση και την ανταλλαγή γνώσης (Shi, P., Huo, J., & Wang, Q. ,2014). [5,9]

## 2.1. Οντολογικές έννοιες και σχέσεις για την Αστοχία των Υλικών

Προκειμένου να βρεθεί ένα επαναλαμβανόμενο μοτίβο αστοχιών θα πρέπει τα φαινόμενα της αστοχίας να καταγράφονται όσο το δυνατόν συχνότερα. Απαραίτητες είναι οι εξής πληροφορίες: Το αντικείμενο της αστοχίας, το περιβάλλον συντήρησης, η συχνότητα συντήρησης των υλικών, οι συνθήκες υπό τις οποίες εμφανίστηκε η αστοχία, οι πρώτες ενέργειες, αν αυτές έγιναν, για την αντιμετώπιση της αστοχίας, η παρατήρηση του χώρου και η εργαστηριακή ανάλυση. Οι πληροφορίες σχετικά με το αντικείμενο αστοχίας περιλαμβάνουν τη σύνθεση του υλικού, το γεωμετρικό σχήμα και τη θέση του μέσα στο σύστημα. Για αυτό το λόγο και στο σχεδιαζόμενο σύστημα NAVMAT έχουν κατασκευαστεί μέχρι στιγμής οκτώ (8) έννοιες ταξινόμησης:

- ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΜΗΧΑΝΗΣ ή ΕΞΑΡΤΗΜΑ (που αστοχεί)
- ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ (του εξαρτήματος που αστοχεί)
- ΥΛΙΚΟ (κατασκευής του εξαρτήματος που αστόχησε)
- ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (του εξαρτήματος που αστόχησε)
- ΣΥΣΤΗΜΑ (ή υποσύστημα του εξαρτήματος που αστόχησε)
- ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ (π.χ. τύπος πλοίου στο οποίο εμφανίστηκε το περιστατικό)
- ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (του εξαρτήματος – υλικού)
- ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ



Εικόνα 4: Ταξινόμηση της Οντολογίας





*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

Οι εμπλεκόμενες έννοιες στην Ανάλυση της Αστοχίας των Υλικών συνδέονται ως ακολούθως:

Η αστοχία μπορεί να εμφανιστεί στο επίπεδο «πλατφόρμας», «συστήματος» (το οποίο μπορεί να αποτελεί μέρος οποιασδήποτε «πλατφόρμας») και κατά κανόνα θα οφείλεται εστιασμένα στην αστοχία ενός «εξαρτήματος» (π.χ. στοιχείου μηχανής) το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία (μη λειτουργικότητα) του συστήματος ή και της πλατφόρμας στην οποία εντάσσεται.

Η αστοχία των υλικών παρουσιάζει συγκεκριμένη μορφή και τύπο (failure mode) η οποία μπορεί να συνδέεται με τη γεωμετρία, την συναρμογή, τη συντήρηση του εξαρτήματος και να εξαρτάται τόσο από την κατηγορία του υλικού (engineering materials) όσο και από τον τρόπο που το εξάρτημα καταπονείται (loading type). Αρκετες φορές η αστοχία εξαρτάται και από την μέθοδο (και σφάλματα εφαρμογής) παρασκευής/κατασκευής (fabrication method).

Η ανάλυση της αστοχίας ως επιστημονική περιοχή αποσκοπεί στον εντοπισμό του αιτίου της αστοχίας (cause of failure), στην απόδοση ευθυνών, και στη δημιουργία κανόνων και μεθόδων προς μελλοντική αποφυγή της.

Η ανωτέρω περιγραφή εννοιών και συσχετίσεων αποτελεί τον πυρήνα της Οντολογίας στην Ανάλυση Αστοχίας.

Στη συλλογή δεδομένων πολύτιμο εργαλείο αποτελεί και το οπτικοακουστικό υλικό και δη οι φωτογραφίες. Μέσω των φωτογραφιών καταγράφονται αντικειμενικά τα φαινόμενα ούτως ώστε να μπορούν να τα επεξεργαστούν έμπειροι παρατηρητές. Αυτοί είναι άλλωστε που αποφασίζουν αν απαιτείται περαιτέρω εργαστηριακή ανάλυση. Όταν ολοκληρωθεί η εργαστηριακή ανάλυση, ένας εμπειρογνώμονας του τομέα μπορεί να βγάλει συμπεράσματα σχετικά με τα ελεγμένα υλικά καθώς και άμεσα αποτελέσματα. Η ανάλυση της αστοχίας πρέπει να εκτελείται από ειδικούς του τομέα που χρησιμοποιούν όλα τα δεδομένα που συλλέγονται για την αποτυχία.

## **2.2. Οφέλη από την Οντολογία**

Η κατασκευή του κατάλληλου, για κάθε τομέα του επιστητού, συμπεριλαμβανομένης και της ανάλυσης της αστοχίας των υλικών, μοντέλου οντολογίας, παρέχει πολλά οφέλη. Αρχικά είναι η υποστήριξη της έξυπνης ανάκτησης των σχετικών με το εκάστοτε περιστατικό που αντιμετωπίζουμε υποθέσεων. Με το NAVMAT εξετάζεται, παράλληλα, η δυνατότητα να γίνεται επίδειξη περιστατικών και από διεθνείς βάσεις επιστημονικών δεδομένων, προσφέροντας μια ακόμα πιο ολοκληρωμένη εικόνα.

## **2.3. Αξιολόγηση ασφάλειας και πρόβλεψη ζωής**

Ο απώτερος στόχος του συστήματος, όταν θα έχουν πλέον καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων του πολλά περιστατικά, είναι να μπορεί να παρέχει προβλέψεις τόσο για την ασφάλεια ζωής του υλικού, όσο και για τη συντήρηση του. Για παράδειγμα, αν θέλουμε να αξιολογήσουμε μια νέα περίπτωση σχεδιασμού ενός υπόγειου σωλήνα φυσικού αερίου για τη μεταφορά φυσικού αερίου από μία θέση Α σε μία Β, ώστε να καθοριστεί εάν ο συγκεκριμένος σωλήνας έχει διάρκεια ζωής για 10 χρόνια, προτού να αρχίσει να θεωρείται επισφαλής. Αν ανατρέξουμε στη βάση δεδομένων από τα αποτελέσματα ανάκτησης της εφαρμογής



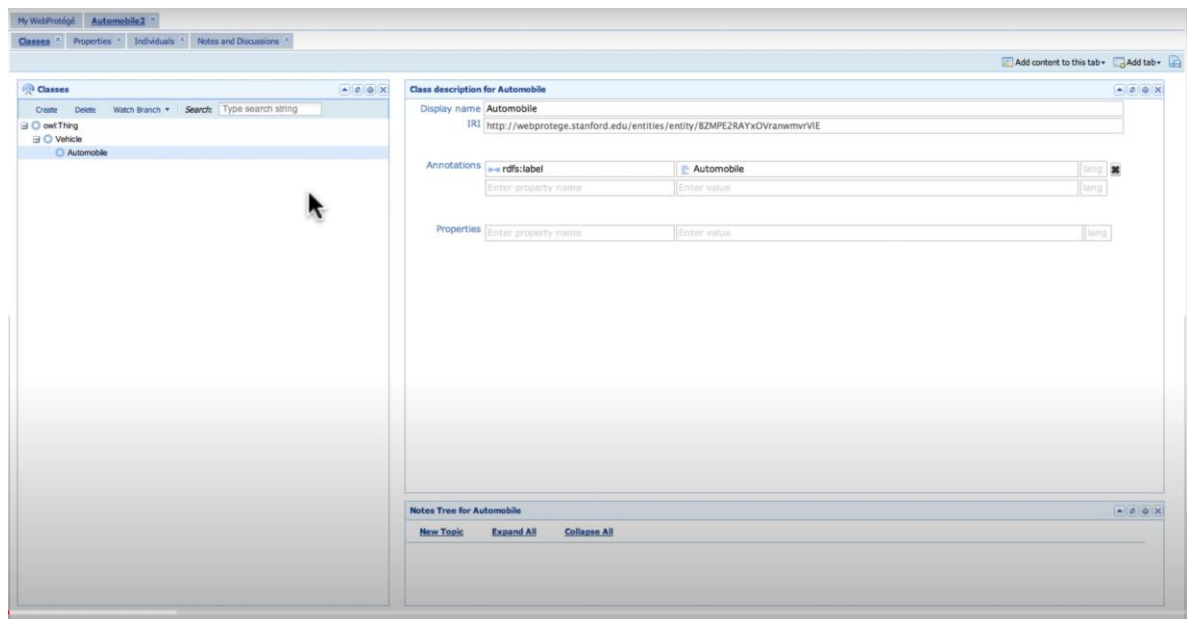
“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

διαπιστώνεται ότι ένας άλλος σωλήνας φυσικού αερίου με το ίδιο υλικό και σχήμα είχε λειτουργήσει με ασφάλεια για 15 χρόνια από τη θέση Α στη θέση Γ. Επομένως, φαίνεται ότι ο συγκεκριμένος σωλήνας φυσικού αερίου είναι αξιόπιστος για τα 10 πρώτα χρόνια. Ως εκ τούτου μία πλούσια σε στοιχεία/ εισαγωγές και ενημερωμένη βάση δεδομένων μπορεί να είναι μια πολύτιμη πηγή γνώσης και πρόβλεψης καθώς μπορούν κάλλιστα να ανακτηθούν παρόμοια περιστατικά με αυτά που απασχολούν τον κάθε χρήστη της εφαρμογής [7,8,9].

## 2.4. Αρχή λειτουργίας Protégé

Για την ανάπτυξη του NAVMAT θα χρησιμοποιηθεί, όπως προαναφέρθηκε το πρόγραμμα webprotege, το οποίο αποτελεί βασικό εργαλείο για την ανάπτυξη της οντολογίας του συστήματος και λειτουργεί ως ακολούθως:

Ο κάθε χρήστης που έχει λογαριασμό και έχει το καθήκον ανάπτυξης της οντολογίας του NAVMAT θα εισέρχεται στο web protégé, έχοντας πρόσβαση στο project και στις διάφορες κλάσεις που έχουν ήδη δημιουργηθεί.



Εικόνα 5: Protégé interface (Πηγή: Wikipedia)

Το webprotege δίνει το δικαίωμα και σε άλλους χρήστες να συμμετέχουν στην ανάπτυξη της οντολογίας, επομένως κάθε τι που θα εισάγεται στο πρόγραμμα θα φιλτράρεται από πολλά επίπεδα (πολυεπίπεδη επεξεργασία). Βέβαια, η ομάδα του NAVMAT που θα δημιουργεί την οντολογία θα έχει λάβει ειδική εκπαίδευση και έγκριση για τις πληροφορίες που θα εισάγει.

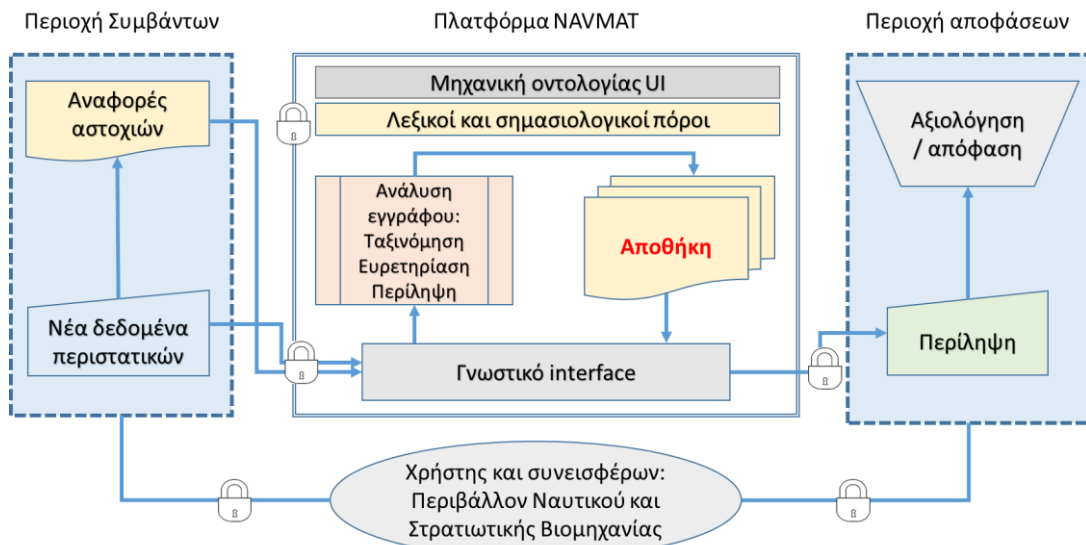
Σε γενικές γραμμές, το πρόγραμμα διαθέτει φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον (user friendly interface) και είναι εύκολο στη χρήση/ επεξεργασία. Διαθέτει πολλές δυνατότητες όπως το «Project Dashboard», μέσω του οποίου φαίνονται όλες οι αλλαγές που έχουν γίνει τον τελευταίο καιρό έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η ιχνηλασία αλλαγών (change tracing). Αυτό φέρει το πλεονέκτημα ότι όλοι οι χρήστες δύναται να λαμβάνουν εύκολα γνώση για το οτιδήποτε.



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
 “Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
 ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
 συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

Εικόνα 6: Project Dashboard του WebProtege όπου φαίνονται όλες οι αλλαγές που γίνονται από τους χρήστες (Πηγή: [protegewiki.stanford.edu/wiki/WebProtegeUsersGuide](http://protegewiki.stanford.edu/wiki/WebProtegeUsersGuide))

## 2.5. Αρχιτεκτονική του σχεδιαζόμενου συστήματος



Εικόνα 7: Η αρχιτεκτονική του NAVMAT

Η αρχιτεκτονική του NAVMAT διαθέτει διάφορα στοιχεία, τα οποία συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην καινοτομία του και επαυξάνουν τις δυνατότητες του. Αρχικά, χαρακτηρίζεται από τη μηχανική οντολογία, η οποία μετατρέπει τη γνώση σε μορφή αναγνωρίσιμη από τη μηχανή. Σε ένα τέτοιο σύστημα, στο οποίο γίνεται χρήση λεκτικών και σημασιολογικών πόρων ώστε το αποτέλεσμα που προκύπτει από την οντολογία να συνδυάζεται με άλλους εξωτερικούς πόρους. Επιπρόσθετα, υπάρχει η δυνατότητα ανάλυσης εγγράφων, η οποία επιτυγχάνεται για παράδειγμα με την προσθήκη ετικετών και με τον αυτόματο σχολιασμό εγγράφων. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο του NAVMAT είναι η αποτελεσματική αποθήκευση πληροφορίας, η οποία θα διευκολύνει στο μέλλον και τη δημιουργία ενός «ευρετηρίου» εγγράφων. Ακόμα, στο NAVMAT, προκειμένου η εφαρμογή να διατηρήσει την αξιοπιστία της, κάθε νέο περιστατικό που θα εισάγεται θα ελέγχεται από





“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

εξειδικευμένη επιστημονική ομάδα. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα αναζήτησης προηγούμενων περιστατικών και εμφάνιση αποτελεσμάτων με σειρά προτεραιότητας έτσι ώστε να υπάρχει δυνατότητα γρήγορης ανάγνωσης (skim- reading)/ προσπέλασης δεδομένων από τον χρήστη, προκειμένου να εντοπίσει τις πληροφορίες που τον ενδιαφέρουν.

Ένα τέτοιο σύστημα επιδιώκει να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

α. Πολυγλωσσία

Η δομή του συστήματος επιτρέπει την εισαγωγή όρων σε διάφορες γλώσσες και εν συνεχεία δίνει τη δυνατότητα έρευνας πληροφοριών σε όλες αυτές με τις οποίες έχουν εισαχθεί στοιχεία στη βάση δεδομένων. Το γεγονός ότι η ταξινόμηση έχει γίνει σε διάφορες γλώσσες και το NAVMAT κάνει αναζήτηση σε κάθε εγγεγραμμένο αρχείο υπό τη μορφή απόδοσης/ ερμηνείας, συμβάλλει στην ενοποίηση όλων των πληροφοριών της βάσης δεδομένων, ανεξαρτήτου γλωσσικής προέλευσης. Το NAVMAT, επομένως, καινοτομεί και διαφέρει από τις υπόλοιπες μηχανές αναζήτησης καθώς δεν κάνει απλώς μία μετάφραση.

Για τους όρους οι οποίοι θα εισαχθούν στην εφαρμογή, έχουν χρησιμοποιηθεί, μέχρι στιγμής, δύο βασικές γλώσσες, τα ελληνικά και τα αγγλικά. Επιπρόσθετα, έχουν καταχωρηθεί συνώνυμοι για κάθε έννοια όροι προκειμένου με μια αναζήτηση να υπάρχουν περισσότερα αποτελέσματα (λήμματα). Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης θα δύναται να επιλέξει μεταξύ μιας πληθώρας αποτελεσμάτων και μελετών υποθέσεων (case studies – real incidents) το περιστατικό εκείνο που προσεγγίζει καλύτερα το θέμα το οποίο επιθυμεί να μελετήσει.

β. Επεκτασιμότητα (Scalability)

Ένα ακόμα βασικό χαρακτηριστικό της πλατφόρμας είναι η ικανότητα του να αναπτύσσεται περαιτέρω και να επεκτείνεται. Πέραν από την εισαγωγή περιστατικών τα οποία θα αποτελέσουν τα αρχικά δεδομένα για το πρόγραμμα μας, στο σύστημα θα υπάρχει και η δυνατότητα εισαγωγής τεχνικών αναλύσεων και δημοσιεύσεων από έγκριτες πηγές, ελεύθερες στον χρήστη (ανοιχτές) πληροφορίες, οι οποίες θα αφορούν σε συμβάντα αστοχίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο μόνος περιορισμός πρόσβασης σε συμβάντα αστοχίας για τους εγγεγραμμένους χρήστες και συνεργάτες (contributors) θα αφορά σε περιστατικά αμυντικού υλικού για τα οποία θα υπάρχει διαβάθμιση. Για την εμφάνιση και επεξεργασία τέτοιων περιστατικών θα παρέχεται πρόσβαση μόνο σε εξουσιοδοτημένο από τον διαχειριστή προσωπικό.

γ. Προσαρμογή/ εξατομίκευση

Το NAVMAT θα έχει τη δυνατότητα «φιλοξενίας» απεριόριστου αριθμού χρηστών, ωστόσο κάθε χρήστης θα έχει το δικό του επίπεδο πρόσβασης στην πληροφορία. Κάθε περιστατικό που θα εισάγεται θα ελέγχεται από εξειδικευμένη ομάδα επιστημόνων, η οποία και θα επιτρέπει στη συνέχεια το ανέβασμα (uploading) του περιστατικού στην πλατφόρμα. Παράλληλα, με τη βοήθεια των εργαλείων της τεχνητής νοημοσύνης (AI – Artificial Intelligence), το NAVMAT θα αναλύει τη συμπεριφορά των χρηστών και θα παροτρύνει τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση.[3,4,7,16,18]



*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

## **2.6. Δυνατότητες του συστήματος**

Το NAVMAT φιλοδοξεί να γίνει ένας ισχυρός σύμμαχος του κάθε χρήστη στην προσπάθειά του να λάβει μια απόφαση τόσο για την αποκατάσταση μιας αστοχίας όσο και για τη συντήρηση που χρειάζεται ένα υλικό ή σύστημα προκειμένου να λειτουργεί στον βέλτιστο βαθμό.

Σε ό,τι αφορά την αποκατάσταση μιας αστοχίας, με τη βοήθεια της οντολογίας θα είναι εφικτό σε κάθε έρευνα που θα λαμβάνει χώρα, όταν προκύπτει μια βλάβη, να εμφανίζεται ένα αποτέλεσμα το οποίο θα έχει λάβει υπόψη όλα τα προηγούμενα περιστατικά αστοχίας που έχουν συμβεί πάνω στο συγκεκριμένο σύστημα ή και σε άλλα παρόμοια. Με τη μέθοδο αυτή η ίδια η εφαρμογή δύναται να κάνει τις κατάλληλες προβλέψεις για το μέγεθος της ζημιάς αλλά και για τον τρόπο αντιμετώπισης της. Αυτό έχει τεράστια σημασία, ιδιαιτέρως στα πλοία και τα ναυτικά συστήματα, καθώς αυξάνεται σημαντικά η αυτό-επισκευαστική ικανότητα του προσωπικού, η οποία είναι πολύτιμη σε κρίσιμες περιόδους ή σε περιπτώσεις που δεν είναι εφικτή η εν πλω συνδρομή στην αποκατάσταση μίας βλάβης/ αστοχίας από συνεργεία ή ναυτικά κλιμάκια.

Πέραν των προαναφερθέντων και δεδομένης της ικανότητάς του για επέκταση, το NAVMAT θα είναι μελλοντικά σε θέση να εμφανίζει πιθανά ανταλλακτικά και πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά τους και το αν είναι ή μη διαθέσιμα σε ένα σύστημα αποθήκευσης/ εφοδιασμού. Μέσω της εν λόγω δυνατότητας προσφέρονται άμεσες και γρήγορες λύσεις στον χρήστη, καθώς παρακάμπτονται αρκετές γραφειοκρατικές διαδικασίες που απαιτούνται προκειμένου να διαπιστωθεί αν ένα υλικό είναι διαθέσιμο σε ένα εφοδιαστικό σύστημα [3-6].

Τέλος, όπως προαναφέρθηκε, θα είναι δυνατή η εμφάνιση αποτελεσμάτων μέσα από ελεύθερες πηγές. Τα αποτελέσματα της αναζήτησης θα δύναται να εξάγονται και από το διαδίκτυο, μέσω του οποίου θα μπορούν να εμφανίζονται περισσότερες προτεινόμενες πηγές για μελέτη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, σε περίπτωση που ο χρήστης αναζητά μια αστοχία υλικού και αντίστοιχά της δεν έχει εισαχθεί στη βιβλιοθήκη (βάση δεδομένων) του NAVMAT, να καθίσταται δυνατή η αυτόματη αναζήτηση σε εξωτερικές πηγές, υπερκαλύπτοντας τα «κενά» πληροφορίας.

## **2.7. Αξιοπιστία και ασφάλεια συστήματος**

Κάθε χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να συνεισφέρει στο σύστημα, εισάγοντας τις αστοχίες υλικού με τις οποίες έχει έρθει αντιμέτωπος αλλά και τους τρόπους με τους οποίους χειρίστηκε αυτή την αστοχία. Πως όμως διατηρείται η αξιοπιστία του συστήματος; Ειδική καταρτισμένη ομάδα θα εξετάζει το περιστατικό και θα ταξινομεί κατάλληλα την κάθε υπόθεση αστοχίας υλικού, εισάγοντας τυχόν σχόλια και παρατηρήσεις εάν αυτό είναι απαραίτητο.

Από τα πρώτα κίολας στάδια της δημιουργίας και ανάπτυξης της εφαρμογής NAVMAT η ασφάλεια αποτελεί έναν από τους βασικότερους πυλώνες, καθώς όπως πολλές φορές προαναφέρθηκε, στη βάση δεδομένων της, πρόκειται να εισάγονται αρκετά περιστατικά που θα αφορούν σε πολεμικά πλοία και αμυντικό υλικό. Είναι, λοιπόν, σαφές πως πολλές από τις προσπελάσιμες μέσω του NAVMAT πληροφορίες θα είναι ευαίσθητες και θα φέρουν ειδική διαβάθμιση. Για αυτό το λόγο μόνο ερευνητές, μηχανικοί αλλά και λοιποί



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

εξειδικευμένοι χρήστες, οι οποίοι θα συμμετέχουν στο λειτουργικό κομμάτι και στο στάδιο της αξιολόγησης θα έχουν πρόσβαση στην εφαρμογή. Ενδέχεται, βέβαια, στο μέλλον να έχουν πρόσβαση στην εφαρμογή και διάφοροι άλλοι φορείς, αλλά οι συζητήσεις βρίσκονται ακόμα σε πρώιμο στάδιο. Ως εκ τούτου, για την κατοχύρωση της επαρκούς ασφάλειας πρόκειται να εφαρμοστούν/ χρησιμοποιηθούν τα ακόλουθα μέτρα/ εργαλεία:

- α. End-to-end κρυπτογράφηση με πρωτόκολλο HTTPS
- β. Ασφαλείς log in μηχανισμοί
- γ. Απομόνωση δεδομένων, ήτοι χρήση απομονωμένης φιλοξενίας δεδομένων ανά οργανισμό έναντι της αποθήκευσης δεδομένων σε υπολογιστικό νέφος (cloud).

Τέλος, θα παρθούν και πολλά μέτρα σχετικά με τη φύλαξη των δεδομένων που θα συλλέγονται, με γνώμονα την ανθεκτικότητά τους σε απειλές κυβερνοασφάλειας (cyber security), όπως π.χ. εναλλαγή αντιγράφων.

## 2.8. Ρόλοι και άδειες χρηστών

Οι «ρόλοι» είναι μία σειρά αδειών (permission sets) που ελέγχουν την πρόσβαση του εκάστοτε χρήστη σε συγκεκριμένες «περιοχές» και υπηρεσίες/ διατάξεις της πλατφόρμας NAVMAT. Κάθε λογαριασμός χρήστη απαιτεί και την αρμόζουσα ανάθεση ρόλου. Ο σχεδιασμός της πλατφόρμας προβλέπει τον καθορισμό τριών διακεκριμένων ρόλων για τους διαπιστευμένους χρήστες: Συνεργάτης (Contributor), Εμπειρογνώμων (Expert) και Διαχειριστής (Administrator). Πλην των εξειδικευμένων ρόλων πρόκειται να καθοριστεί μία γενικότερη κατηγοριοποίηση στους Ανώνυμους ή μη Πιστοποιημένους (Anonymous or Not Authenticated) και τους Πιστοποιημένους (Authenticated) χρήστες. Συγκεκριμένα:

- α. Ανώνυμοι ή μη Πιστοποιημένοι (Anonymous or Not Authenticated):

Οι επισκέπτες της πλατφόρμας, οι οποίοι δεν έχουν συνδεθεί και θα έχουν πρόσβαση μόνο στην αρχική οθόνη (welcome screen).

- β. Πιστοποιημένοι (Authenticated):

Οποιοσδήποτε χρήστης έχει λογαριασμό και συνδέεται σε αυτόν θεωρείται πιστοποιημένος. Οι Πιστοποιημένοι χρήστες θα έχουν συγκεκριμένες άδειες και επίπεδο πρόσβασης στις πληροφορίες της πλατφόρμας σύμφωνα με τον κατεχόμενο ρόλο τους όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο. Όλοι οι Πιστοποιημένοι χρήστες διατηρούν το δικαίωμα να προσθέτουν σχόλια στα εξεταζόμενα περιστατικά αστοχίας υλικών καθώς και να αποκρίνονται (reply) στα σχόλια των άλλων χρηστών. Οι Πιστοποιημένοι χρήστες ανάλογα με τον ρόλο τους θα έχουν τα ακόλουθα δικαιώματα:

- (1) Συνεργάτης (Contributor):

Έχει δικαιώματα Δημιουργίας, Ανάγνωσης, Ενημέρωσης και Διόρθωσης - CRUD (Create, Read, Update, Delete) σε δικά του περιστατικά ήτοι μπορεί να εισάγει νέα περιστατικά και εν συνεχεία να τα διαβάσει, να τα ανανεώνει/ ενημερώνει και να τα διαγράψει όποτε επιθυμεί. Ο χρήστης αυτής της κατηγορίας έχει πρόσβαση σε όλη τη λίστα



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

περιστατικών αστοχίας καθώς και σε ένα περιορισμένο επίπεδο πληροφοριών σχετικά με αυτά όπως π.χ. τίτλο, ημερομηνία, περίληψη/ σύντομη περιγραφή, οπτικοακουστικό υλικό κ.α.

(2) Εμπειρογνώμων (Expert): Έχει δικαιώματα Δημιουργίας, Ανάγνωσης, Ενημέρωσης και Διόρθωσης (CRUD) τόσο στα δικά του περιστατικά όσο και σε οποιοδήποτε άλλο εντός της πλατφόρμας. Έχει επιπλέον πλήρη πρόσβαση σε όλα τα γεγονότα, τη συναφή με αυτά βιβλιογραφία και τις αναφορές ανάλυσης.

(3) Διαχειριστής (Administrator): Έχει όλα τα προνόμια επεξεργασίας και διαχείρισης της πλατφόρμας, όπως δικαιώματα επί κάθε περιεχομένου, χρήστη και επί του καθορισμού των σετ των παρεχόμενων αδειών.

Οι ρόλοι των χρηστών είναι ιεραρχικά δομημένοι, που σημαίνει ότι εάν σε κάποιον χορηγηθεί ένας ρόλος σε υψηλότερου επίπεδο, όπως «Εμπειρογνώμονα» (Expert), ο εν λόγω ρόλος περιλαμβάνει το σύνολο των αδειών – δικαιωμάτων των χαμηλότερων επιπέδων, εν προκειμένω του «Συνεργάτη» (Contributor).

## 2.9. Web interface

Η διαδικτυακή διεπαφή (interface) της πλατφόρμας του NAVMAT απευθύνεται κυρίως σε ένα ή περισσότερα «ελαφρά τερματικά» (thin clients) ήτοι ανεξάρτητα τροφοδοτούμενους υπολογιστές που για τις κύριες λειτουργίες τους βασίζονται στη σύνδεση με απομακρυσμένους υπολογιστικούς πόρους (Δίκτυο – Διαδίκτυο/ εφαρμογή κινητού τηλεφώνου – mobile app), κάνοντας χρήση μηχανισμών ασφαλείας (https, log in, κλπ.), προκειμένου για την υποστήριξη του διαγράμματος ροής των προαναφερθέντων χρηστών (contributors και experts). Κάποιες ενδεικτικές ροές εργασίας περιλαμβάνουν:

α. CRUD (create/ read/ update/ delete) λειτουργίες επί αναφορών/ περιστατικών/ εγγράφων.

β. Αναφορές/ υποδείξεις που αφορούν στις κύριες έννοιες εντός του κειμένου μιας ανάλυση περιστατικού αστοχίας.

γ. Εμπλουτισμός των εισαχθέντων στην πλατφόρμα εγγράφων.

δ. Εισαγωγή των εμπλουτισμένων εγγράφων στον χώρο αποθήκευσης της πλατφόρμας.

ε. Αποτελεσματική αναζήτηση (βασισμένη στην οντολογία) για προηγούμενα:

(1) Σχετικά/ όμοια περιστατικά.

(2) Σχετικές/ συναφείς πηγές (εκδόσεις, οπτικοακουστικό υλικό κλπ).

Τα δεδομένα της πλατφόρμας καθώς και η ροή των δεδομένων/ πληροφοριών οργανώνονται με τη χρήση:

α. Τύπων περιεχομένου



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

Δύναται να λαμβάνει χώρα έλεγχος των τύπων περιεχομένου που εμφανίζονται και της σειράς με την οποία αυτοί εμφανίζονται. Για τους σκοπούς της πλατφόρμας του NAVMAT, κρίθηκε αναγκαίος ο καθορισμός τουλάχιστον τριών (3) τύπων:

(1) Περιστατικά (Incidents): Συνήθως αναφέρεται σε μία αστοχία υλικού ή συστήματος, όπως μία θραύση δοκού, η βλάβη σε ένα συρματόσχοινο, διάβρωση κελύφους κλπ. Το κάθε περιστατικό αρχειοθετείται με συνημμένα αρχεία εικόνων, καταγραφών (ιστορικό, αναφορές, συνεντεύξεις κλπ.) και οποιοδήποτε άλλο δεδομένο που σχετίζεται με αυτό (ήτοι δεδομένα ανάλυσης κραδασμών, στοιχεία συντήρησης, προηγούμενες αστοχίες κλπ). Κάθε περιστατικό σχετίζεται με συγκεκριμένο πλοίο ή εγκατάσταση, τμήμα/ εξάρτημα (και πάροχο/ προμηθευτή) και λειτουργία (με φορέα εγκατάσταση/ συντήρησης).

(2) Εκτιμήσεις (Assessments): Σύμφωνα με τις διαδικασίες που ακολουθούνται από το Πολεμικό Ναυτικό (ΠΝ) για κάθε περιστατικό, διεξάγεται μία ανάλυση σφάλματος, η οποία είναι γενική και αφορά συνολικά στο περιστατικό, ωστόσο περιέχει πολύτιμες πληροφορίες και για άλλα σχετικά περιστατικά, συναφή υλικά ή όμοιου τύπου εγκαταστάσεις. Για κάθε μελέτη αστοχίας χρησιμοποιούνται και διαφορετικά διαγνωστικά όργανα (όπως φασματοσκόπιο, υπέρηχος, μηχανικά τεστ, θερμική ανάλυση κλπ., βάσει του υλικού, διαθέσιμων πόρων και σύμφωνα με τις αρχές της πραγματογνωμοσύνης/ διερεύνησης ατυχημάτων/ αστοχιών). Μάλιστα αρκετές φορές μία μελέτη οδηγεί στη διατύπωση τεχνικών οδηγιών καθορισμό προτύπων (standards).

(3) Σχόλια (Comments): Κάθε μελέτη προωθείται και αποτελεί θέμα συζήτησης μεταξύ των χρηστών του συστήματος. Αυτό που προκύπτει είναι μία αιτιολόγηση της αστοχίας και σε μία σειρά από οδηγίες για την αποφυγή της επανάληψής στο μέλλον.

(4) Έγγραφα: αναφορές, εκδόσεις, διαγνώσεις, άλλες πηγές σε μορφή εγγράφου (doc, pdf, etc).

(5) Αρχεία Πολυμέσων: φωτογραφίες, βίντεο, αρχεία ήχου κλπ.

## β. Ταξινομιών

Οι ταξινομίες επιτρέπουν την ερμηνεία συγκεκριμένων όρων προκειμένου να συνδέσουμε, συσχετίσουμε και ταξινομήσουμε το περιεχόμενό μας. Οι όροι αυτοί συγκεντρώνονται σε «λεξικά». Το ταξινομικό μοντέλο μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε, να διαχειριστούμε και να εφαρμόσουμε αυτά τα «λεξικά». Επιπρόσθετα, μας παρέχουν την ικανότητα να προσθέσουμε και άλλα πεδία ταξινόμησης στα λεξιλόγια και τους εκάστοτε όρους.

## Κεφάλαιο 3: Δομή πινάκων οντολογίας

Προκειμένου για την αξιοπιστία και την πληρότητα της μηχανής αναζήτησης αστοχίας υλικών που ονομάζουμε NAVMAT, απαιτείται η βάση δεδομένων του συστήματος που αφορά στον συσχετισμό και ταξινόμηση των εννοιών και αποτελεί τον πυρήνα αυτού να είναι άρτια και να περιέχει το σύνολο των πιθανών λέξεων – κλειδιά που θα βοηθήσουν στην εύρεση των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Η προαναφερθείσα ταξινόμηση πραγματοποιείται, στην παρούσα φάση τουλάχιστον, σε έως τρία επίπεδα ξεκινώντας από τις πολύ γενικές έννοιες και καταλήγοντας σε πολύ εξειδικευμένους όρους.





*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

Με βάση τα επιθυμητά αποτελέσματα αναζήτησης επιλέχθηκε η ομαδοποίηση των δεδομένων, ήτοι των συναφών με τις αστοχίες υλικών στον τομέα της Ναυτιλιακής Μηχανικής όρων (οντολογία), στις ακόλουθες κατηγορίες:

- α. Στοιχεία Μηχανής (Machine Elements)
- β. Φορτίο – Φόρτιση – Καταπόνηση (Load, Loading) με περαιτέρω κατηγοριοποίηση στα ακόλουθα:
  - (1) Τρόπος Καταπόνησης (Loading Mode)
  - (2) Τύπος Καταπόνησης (Loading Type)
- γ. Υλικό (Material)
- δ. Μέθοδος Κατασκευής (Fabrication Method)
- ε. Μηχανολογικό Σύστημα (System)
- στ. Πλατφόρμα (Platform)
- ζ. Αστοχία (Failure Mode) που διαιρείται επιμέρους στα κάτωθι:
  - (1) Αστοχία σε μέταλλα και κράματα (Failure in Metals and Alloys).
  - (2) Αστοχία σε σύνθετα υλικά (Failure in Composites/ Composite Materials).
- η. Αίτια αστοχίας (Root Causes of failure) με περαιτέρω κατηγοριοποίηση στα ακόλουθα:
  - (1) Αστοχία σε μέταλλα και κράματα
  - (2) Αστοχία σε σύνθετα υλικά

Τα προαναφερθέντα πεδία παρέχουν τόσο στους διαχειριστές του προγράμματος όσο και στους χρήστες της εφαρμογής, στην τελική της μορφή, μια γενική ιδέα περί της οντολογίας των υλικών και των συναφών με αυτά εννοιών. Σε επόμενα επίπεδα έχει προβλεφθεί η περαιτέρω ομαδοποίηση (διακλάδωση) ώστε να επιτευχθεί η πιο ενδεδειγμένη έρευνα και η πρόσβαση σε πιο στοχευμένες πληροφορίες, οι οποίες και θα προσεγγίζουν το κατά περίπτωση περιστατικό αστοχίας υλικού που αφορά στον ενδιαφερόμενο (χρήστη μηχανής αναζήτησης).

Παράλληλα, κατά την ανάπτυξή του, το σύστημα εμπλουτίζεται κατά πρώτον με συνώνυμους όρους των αρχικά εισαχθέντων και κατά δεύτερον με τους αντίστοιχους μεταφρασμένους σε άλλες γλώσσες. Με τις εν λόγω πρακτικές δύναται να καλυφθούν όλες οι πιθανές επιλογές αναζήτησης που πιθανώς να σχετίζονται με τις δυσλειτουργίες λόγω αστοχίας υλικού ενώ ταυτόχρονα θα υπάρχει πρόσβαση σε μια διευρυμένη δεξαμενή πληροφοριών καθώς με την εισαγωγή διεθνών – ξένων όρων θα μπορούν να περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων διεθνείς πηγές ήτοι εγχειρίδια, άρθρα, μελέτες, δημοσιεύσεις,



*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

βιβλιογραφία κλπ. Οι όροι της οντολογίας είναι και οφείλουν να είναι ως επί το πλείστο μονολεκτικοί, χαρακτηριστικοί και ακριβείς προκειμένου αφενός να διευκολύνουν τον χρήστη στην αναζήτηση, αφετέρου να συμβάλλουν στην περαιτέρω βελτίωση και ολοκλήρωση του προγράμματος.

Η κατηγοριοποίηση των δεδομένων, όπως ακροθιγώς αναφέρθηκε στις προηγούμενες παραγράφους, αποτελεί τον κορμό της βάσης δεδομένων και επομένως το θεμέλιο πάνω στο οποίο χτίζεται η «μηχανή αναζήτησης αστοχίας υλικών» NAVMAT. Αυτές, επομένως, οι ομάδες δεδομένων και οι περαιτέρω διακλαδώσεις θα αναλυθούν στις ακόλουθες παραγράφους:

#### α. Στοιχεία Μηχανής (Machine Elements)

Η πρώτη κατηγορία, όπως υποδηλώνει και ο τίτλος της, αφορά στα επιμέρους στοιχεία ενός μηχανικού συστήματος, καθώς και τα εσωτερικά εξαρτήματα που μπορεί να αστοχήσουν. Τα στοιχεία αυτά υποδιαιρούνται σε 6 βασικές κατηγορίες οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

(1) Δομικά στοιχεία (Structural Elements). Σε αυτά εντάσσονται δοκοί (beams), ράβδοι (rods), ελάσματα (plates), κελύφη (shells), καλώδια (cables), σχοινιά (ropes), συρματόσχοινα (wire-rope), αλυσίδες (chains).

(2) Συνδέσεις (Fasteners). Αυτές περιλαμβάνουν πείρους ή ήλους (pins or nails), βίδες/ κοχλίες (screws), μπουλόνια (bolts), περικόχλια/ παξιμάδια (nuts), δαχτυλίδια (washers), σφήνες (wedges), φλάντζες (flanges).

(3) Συγκολλήσεις (Welding joints). Στην εν λόγω κατηγορία εμπεριέχονται οι διαφορετικοί τύποι συγκόλλησης των τμημάτων μιας μηχανής, ήτοι η οξυγονοκόλληση (Gas welding), η συγκόλληση με αντίσταση (Resistance welding), η συγκόλληση βολταϊκού τόξου (Arc welding), η συγκόλληση με λέιζερ (Laser welding) και τέλος η συγκόλληση στερεάς κατάστασης (Solid - State welding).

(4) Μετάδοση κίνησης και ισχύος (Power and Motion – transmission). Η λειτουργία αυτή επιτυγχάνεται με τους Άξονες (Shafts), τα Έδρανα (Bearings), τους Οδοντωτούς τροχούς (Gears), τους Ιμάντες και τις Τροχαλίες (Belts and Pulleys) και τέλος τους Συζεύκτες (Couplings).

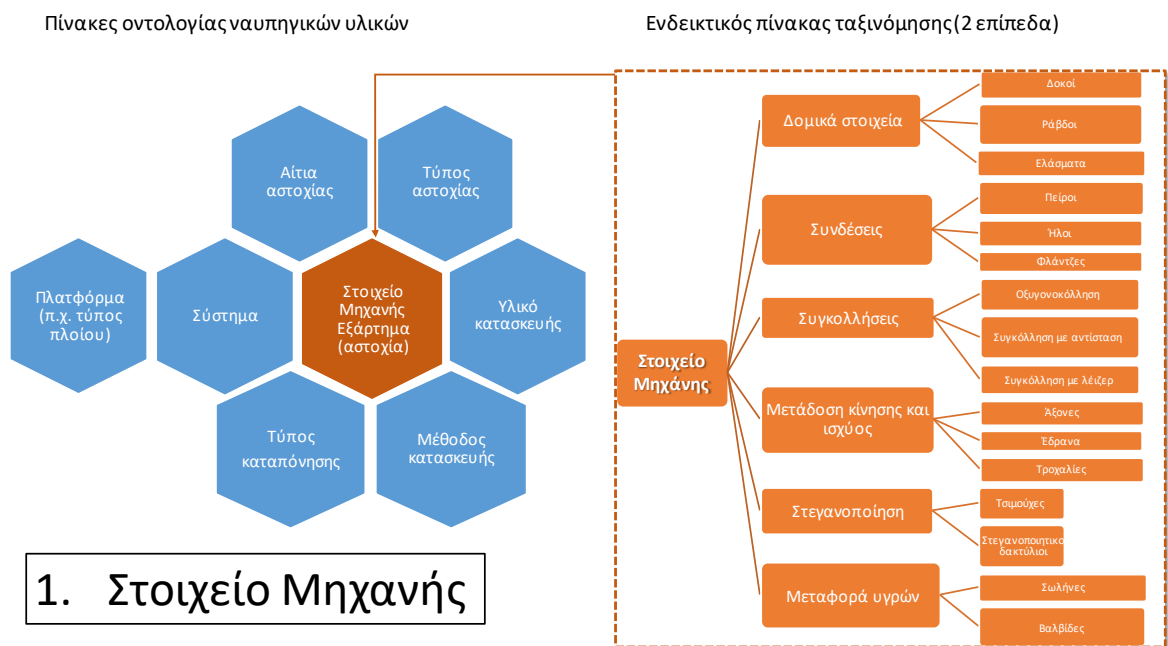
(5) Στεγανοποίηση (Seal element). Στην εν λόγω κατηγορία αναφέρονται τα υλικά και οι τρόποι που χρησιμοποιούνται για τη στεγανοποίηση μηχανικών μερών και αυτά είναι οι Τσιμούχες (Gaskets), τα Καλουπάματα όπως Στεγανοποιητικοί δακτύλιοι και Δακτύλιοι μεταλλικού προφίλ (Moulded Seals such as O-Rings, Metal profile Rings), οι Στεγανοποιητικές Χημικές Ενώσεις (Sealing Compounds), τα Στεγανοποιητικά περιστροφής (Rotation Seals), τα Μεταγραφικά Στεγανοποιητικά (Translational Seals), τα Στεγανοποιητικά ελεγχόμενου διάκενου (Controlled gap Seals), οι Λαβύρινθοι Στεγανότητας (Labyrinth Seals), οι Στεγανοποιητικοί άξονες με σπείρωμα (Threaded Shaft Seals), τα Φυγοκεντρικά παρεμβύσματα (Centrifugal Seals), οι Υδροσυλλεκτικοί Λαβύρινθοι Στεγανότητας με σύστημα εκτόξευσης (Liquid-collecting Labyrinth Seals with thrower) και τα Μαγνητικά ρευστά (Magnetic Fluid Seals). Στην παρούσα κατηγορία υπάρχουν και πλήθος συνώνυμων όρων βάσει των διαφορετικών προϊόντων στεγανοποίησης και των υλικών από τα οποία συντίθενται αυτά. Επομένως χρήζουν ιδιαίτερης μνείας τα ακόλουθα υλικά: τα νιτριλικά



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
 “ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
 ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
 συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

ελαστικά (Nitrile Rubber – NBR), τα υδρογονωμένα νιτριλικά ελαστικά (Hydrogenated Nitrile Rubber – H-NBR), οι φθοράνθρακες (Fluorocarbon – FKM), τα ελαστικά Αιθυλενίου – Προπυλενίου (Ethylene Propylene Rubber – EPDM), οι σιλικόνες (Silicone – VMQ), το τεφλόν (Teflon – PTFE), το πολυαμίδιο ή πλαστικό (Polyamide or plastic – PA) και η Πολιουρεθάνη (Polyurethane – PU).

(6) Μεταφορά υγρών (Fluid transfer elements). Στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται μηχανικά μέρη μέσω των οποίων μεταφέρονται υγρά εντός ενός μηχανισμού/ μηχανικού συστήματος. Αυτά είναι οι σωλήνες (Pipes or tubes), οι βαλβίδες (Valves), οι αντλίες (Pumps) και τα επιστόμια (Faucets).



Εικόνα 8: Διάγραμμα στοιχείων μηχανών/ εξαρτημάτων

β. Φορτίο – Φόρτιση – Καταπόνηση (Load, Loading) με περαιτέρω κατηγοριοποίηση στα ακόλουθα:

(1) Τρόπος Καταπόνησης (Loading Mode). Ένα υλικό δύναται να οδηγηθεί σε αστοχία όταν δεχτεί φόρτιση λόγω Εφελκυσμού (Tension), Θλίψης (Compression), Στρέψης (Torsion), Διάτμησης (Shear), Κάμψης (Bending) ή τέλος από έναν Συνδυασμό (Combined) των προαναφερθέντων.

(2) Τύπος Καταπόνησης (Loading Type). Αντίστοιχα με τα ανωτέρω ένα υλικό οδηγείται στην αστοχία όταν του ασκηθεί μία φόρτιση Μηχανική (Mechanical), Θερμική (Thermal), Ακτινοβολίας (Radiation), Ηλεκτροχημική (Electrochemical) ή Ηλεκτρική (Electrical).

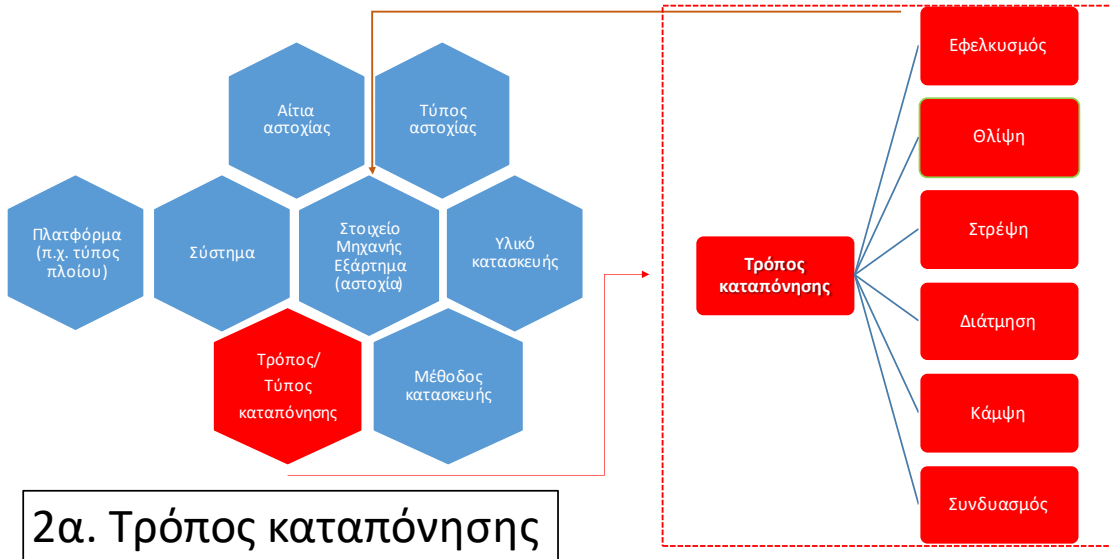




“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
 “Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
 ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
 συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

Πίνακες οντολογίας ναυπηγικών υλικών

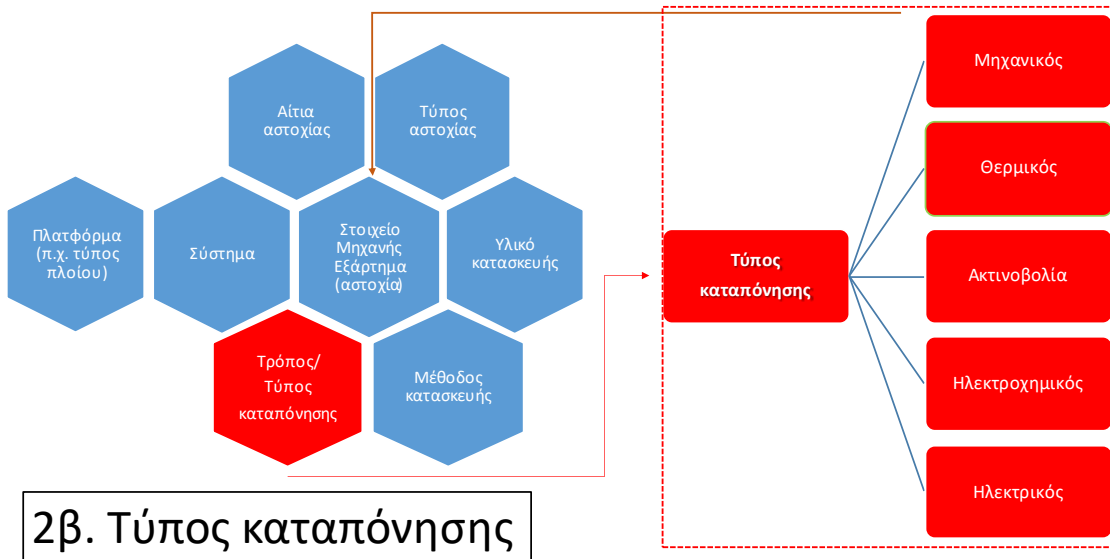
Ενδεικτικός πίνακας ταξινόμησης(1 επίπεδο)



**2α. Τρόπος καταπόνησης**

Πίνακες οντολογίας ναυπηγικών υλικών

Ενδεικτικός πίνακας ταξινόμησης(1 επίπεδο)



**2β. Τύπος καταπόνησης**

Εικόνα 9: Διαγράμματα καταπόνησης

γ. Υλικό (Material)

Η τρίτη κατηγορία αφορά στα υλικά που συναντάμε σε ναυτικά συστήματα. Τα υλικά αυτά υποδιαιρούνται στις εξής 4 βασικές κατηγορίες:

(1) Μέταλλα και κράματα (Metals and alloys). Τα κυριότερα που συναντάμε σε ναυτιλιακά συστήματα είναι ο Χάλυβας (Steel), το Αλουμίνιο (Aluminium), ο Χαλκός (Copper), το Νικέλιο (Nickel) και ο Μπρούντζος (Bronze).

(2) Πολυμερή/ πλαστικά (Polymers/ plastic). Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται το Πολυαιθυλένιο (Polyethylene – PE), το Πολυπροπυλένιο (Polypropylene

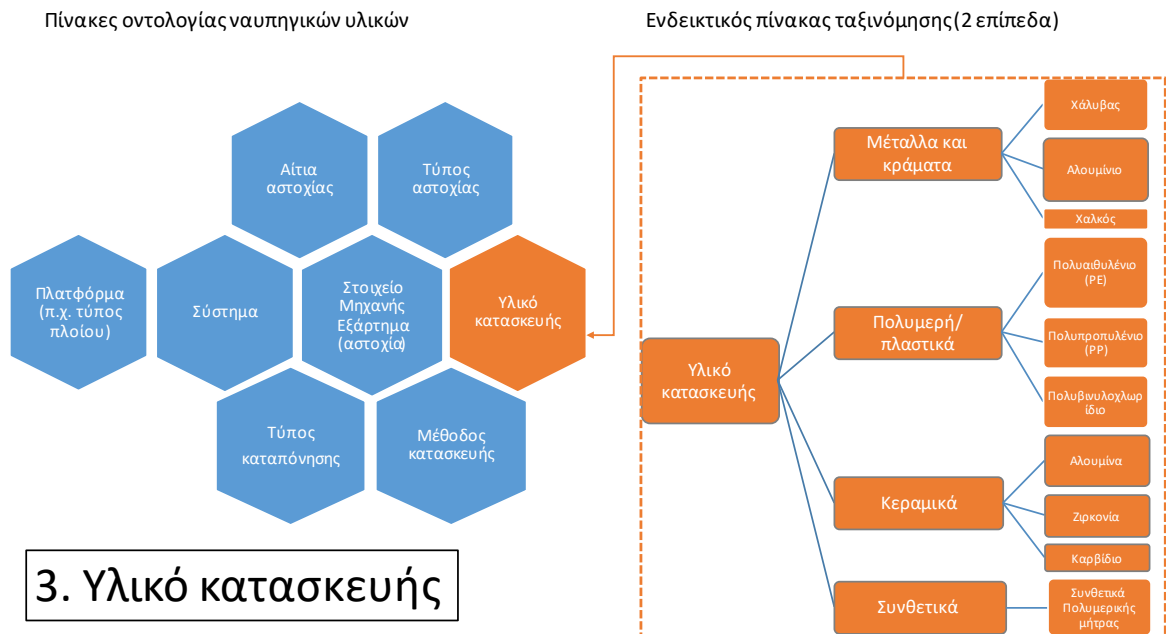


“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

– PP), το Πολυβινυλοχλωρίδιο (Polyvinyl chloride – PVC), το Πολυστυρένιο (Polystyrene – PS), το νάιλον (Nylon), το Πολυτετραφθοροαιθυλένιο (Polytetrafluoroethylene – Teflon) και η Πολιουρεθάνη (Polyurethane – PU).

(3) Προηγμένα Κεραμικά (Ceramics). Αυτά είναι η Αλουμίνα (Alumina), η Ζιρκονία (Zirconia), το Καρβίδιο (Carbide), το Βορίδιο (Boride), το Νιτρίδιο (Nitride) και το Πυριτικό (Silicide).

(4) Συνθετικά ή Σύνθετα υλικά (Composites or Composite materials). Συγκεκριμένα αναφέρονται τα συνθετικά Πολυμερικής μήτρας (Polymer matrix composites), τα Κεραμικής μήτρας (Ceramic matrix composites), τα Μεταλλικής μήτρας (Metal matrix composites), τα Υβριδικά (Hybrid composites) και τα Νανοσύνθετα (Nanocomposites).



Εικόνα 10: Διάγραμμα υλικών

#### δ. Μέθοδος Κατασκευής (Fabrication Method)

Βασικός όρος στην οντολογία αστοχίας υλικών είναι και η μέθοδος κατασκευής τους. Οι κυριότερες μέθοδοι είναι ακόλουθες 6:

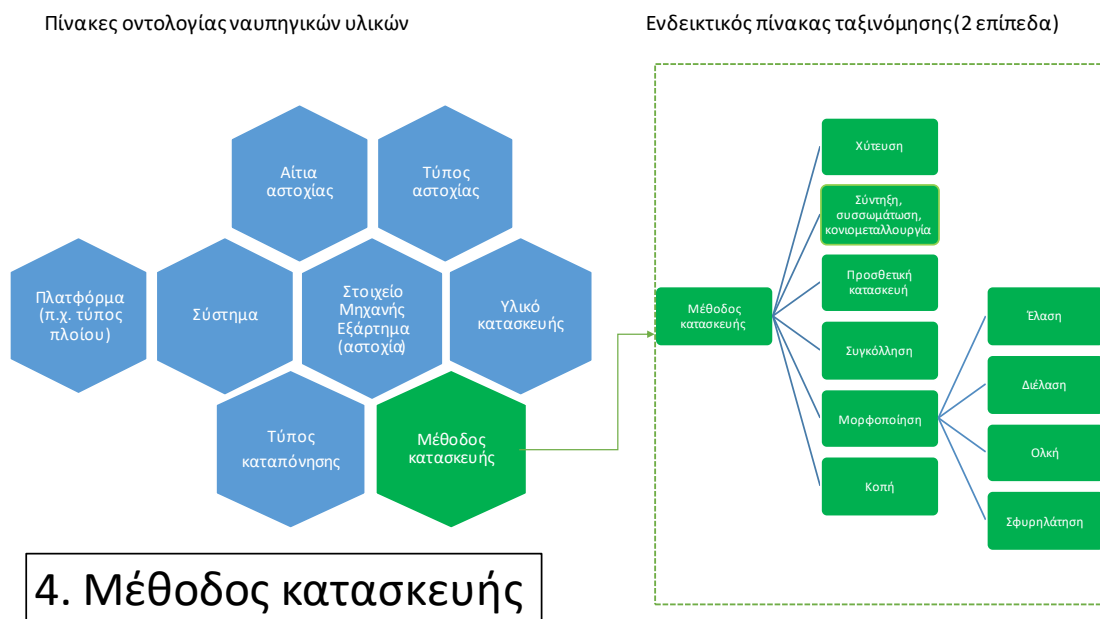
- α. Χύτευση (Casting)
- β. Σύντηξη, συσσωμάτωση, κονιομεταλλουργία (Sintering, powder metallurgy)
- γ. Προσθετική κατασκευή, τριδιάστατη εκτύπωση (Additive manufacturing, 3d printing)
- δ. Συγκόλληση (Welding)



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

ε. Μορφοποίηση (Forming). Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όροι όπως η Έλαση (Rolling), η Διέλαση (Extrusion), η Ολκή (Drawing) και η Σφυρηλάτηση (Forging).

στ. Κοπή (Cutting)



Εικόνα 11: Διάγραμμα μεθόδων κατασκευής

ε. Μηχανολογικό Σύστημα (System)

Στην εν λόγω οντολογική ομάδα επιχειρείται η κατηγοριοποίηση των συστημάτων μιας πλατφόρμας ανάλογα με τη λειτουργία της. Το NAVMAT απευθύνεται και σε στρατιωτικές μονάδες, για την πληρότητα, επομένως, της βάσης δεδομένων της εφαρμογής, περιλαμβάνονται και αμυντικά συστήματα στην κατηγοριοποίηση που ακολουθεί:

(1) Συστήματα Πρόωσης ή Πρόωση (Propulsion). Αυτή περιλαμβάνει τις Κύριες Μηχανές Diesel (Main engines), τις έτερες Κύριες Μηχανές – Αεριοστρόβιλους (Main engines – Gas Turbines), τον Άξονα μετά των εδράνων του (Shaft and its bearings), τον Μειωτήρα στροφών (Reduction gear) και τον Έλικα ή προπέλα (Propeller).

(2) Βοηθητικά Συστήματα Πρόωσης (Auxiliary Systems) ήτοι οι Συμπιεστές αέρα (Air compressors), οι Διαχωριστές λαδιού (Oil separators), τα Ψυγεία (Coolers), οι Θερμαντήρες (Heaters), τα Φίλτρα (Filters), οι Αντλίες (Pumps) και τα Υδραυλικά δίκτυα (Hydraulic Networks).

(3) Συστήματα Παραγωγής Ενέργειας (Electrical Systems). Η υποκατηγορία αυτή περιέχει Ηλεκτρομηχανές (Electrical Generators), Ηλεκτρικούς Πίνακες (Electrical Matrixes), Μετατροπείς – Μετασχηματιστές (Converters – Adaptors), Μπαταρίες και Συστήματα Αδιάλειπτης Παροχής Ενέργειας (Batteries – UPS) και τέλος Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός ( Other Electrical Equipment).



*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

(4) Κατεύθυνση – Γέφυρα – Πηδαλιούχηση (Navigation – Bridge – Steering). Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι Διατάξεις πηδαλιουχίας (Steering gear), τα Βαρούλκα και οι Γερανοί (Wind Lasses – Cranes), η Άγκυρα (Anchor) και τέλος τα Οπτικά όργανα (Optical Navigation Instruments) που βρίσκονται στη γέφυρα και συνδράμουν το έργο της Ναυτιλίας – Κατεύθυνσης.

(5) Ηλεκτρονικά Συστήματα (Electronic - Navigation systems). Στην εν λόγω κατηγορία περιλαμβάνονται όλα τα ηλεκτρονικά συστήματα ενός πλοίου, τα οποία υποστηρίζουν τόσο τη ναυτιλία ενός πλοίου όσο και τις στρατιωτικές επιχειρήσεις, όταν αναφερόμαστε σε ένα Πολεμικό Πλοίο ή εγκαταστάσεις των Ενόπλων Δυνάμεων και των Σωμάτων Ασφαλείας (Law Enforcement). Συγκεκριμένα αναφερόμαστε στα Συστήματα Επικοινωνιών (Communication Systems), τους Ραδιοεντοπιστές (Radars), Ακουστικά Συστήματα (Acoustic Systems), Ηλεκτρο-οπτικά Συστήματα (Electro-optic Systems), Συστήματα Υποκλοπών και Παρεμβολείς (Electronic Support Measures – ESM and Jammers), Τακτικά Συστήματα - Συστήματα Πληροφοριών Μάχης - Συστήματα Διοίκησης και Ελέγχου (Tactical – Combat Information – Command and Control Systems).

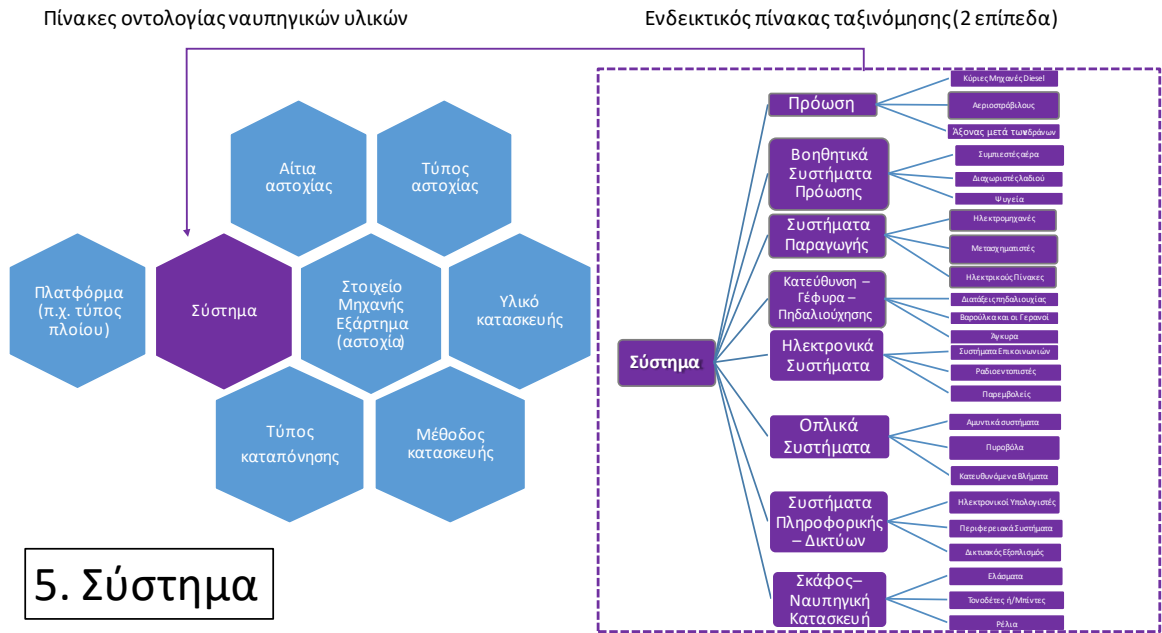
(6) Οπτικά Συστήματα (Weapon Systems). Η κατηγορία αυτή αφορά αποκλειστικά σε αμυντικά συστήματα, πλατφόρμες και εγκαταστάσεις και περιλαμβάνει επιγραμματικά τα Πυροβόλα (Guns), τα Κατευθυνόμενα Βλήματα (Guided Missiles) και τα Ύφαλα Όπλα (Underwater weapons).

(7) Συστήματα Πληροφορικής – Δικτύων (Computer – Network). Η εν λόγω οντολογική ομάδα έχει 3 βασικές διακλαδώσεις, τους Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές (Computers), τα Περιφερειακά Συστήματα (Peripherals) και τον λοιπό Δικτυακό Εξοπλισμό (όπως Καλώδια, δρομολογητές, διαμορφωτές – αποδιαμορφωτές, διακόπτες κλπ) (Network Equipment).

(8) Σκάφος – Ναυπηγική Κατασκευή (Structure, Vessel/ Shipbuilding). Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται όλα τα εξωτερικά κυρίως, δομικά και ναυπηγικά στοιχεία ενός πλοίου ήτοι τα Ελάσματα (Foils), οι Τονοδέτες ή Μπίντες (Bollards), οι Χειραγωγοί ασφαλείας/ ρέλια (Rails), τα Όκια (Hawseholes), οι Στεγανές Φρακτές (Watertight Bulkheads) και οι κάθε είδους Βάσεις (Mountings).



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
 “Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
 ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
 συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”



## 5. Σύστημα

Εικόνα 12: Διάγραμμα υποσυστημάτων που παρουσιάζουν την αστοχία υλικών

στ. Πλατφόρμα (Platform). Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τις υποδομές είτε αυτές είναι πλοία είτε εγκαταστάσεις επί των οποίων συναντάμε υλικά που δύναται να αστοχήσουν και να εξεταστούν με τη βοήθεια της εφαρμογής NAVMAT. Αυτές είναι οι ακόλουθες:

(1) Εμπορικά Πλοία (Merchant Ships). Τα εμπορικά πλοία χωρίζονται σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία στα Εμπορευματοκιβωτιοφόρα (Containership), τα Φορτηγά οχηματαγωγά (RoRo ήτοι Roll-on/ roll-off), τα Μεταφοράς Ετερογενούς, γενικού ή φορτίου εντός συσκευασίας (Breakbulk, General-merchandised Ships), τα πλοία Συνδυασμένων Μεταφορών (Combination Ships), τα Πετρελαιοφόρα ή δεξαμενόπλοια (Product, chemical, crude carriers), τα Φορτηγά ξηρού χύδην φορτίου (Dry-bulk Carriers) και τα Υγραεριοφόρα (LNG-LPG Carriers).

(2) Πολεμικά Πλοία (Warships – Naval). Για την κατηγοριοποίηση των πλοίων αυτών ελήφθησαν υπόψη οι μονάδες που κατέχονται από το Πολεμικό Ναυτικό της Ελλάδας. Στο πλαίσιο της περαιτέρω ανάπτυξης της εφαρμογής NAVMAT και μελλοντικής υιοθέτησής της και από Πολεμικά Ναυτικά ξένων χωρών η λίστα αυτή δύναται να συμπληρωθεί/ εμπλουτιστεί με επιπλέον μονάδες όπως επί παραδείγματι Αεροπλανοφόρα (Aircraft Carriers), Ελικοπτεροφόρα (Helicopter Carriers), Καταδρομικά (Cruisers), Αντιτορπικικά (Destroyers) κλπ. Στην παρούσα φάση η εν λόγω κατηγορία περιέχει τις Φρεγάτες (Frigates), Βοηθητικά πλοία (Auxiliaries), Πλοία Αμφίβιων Επιχειρήσεων (Amphibious Operations Ships), Υποβρύχια (Submarines), Ταχεία Περιπολικά Κατευθυνόμενων Βλημάτων – ΤΠΚ (Fast Attack Crafts), Κανονιοφόροι (Gunboats), Ναρκοθηρευτικά (Minehunters), Ρυμουλκά (Tugs).

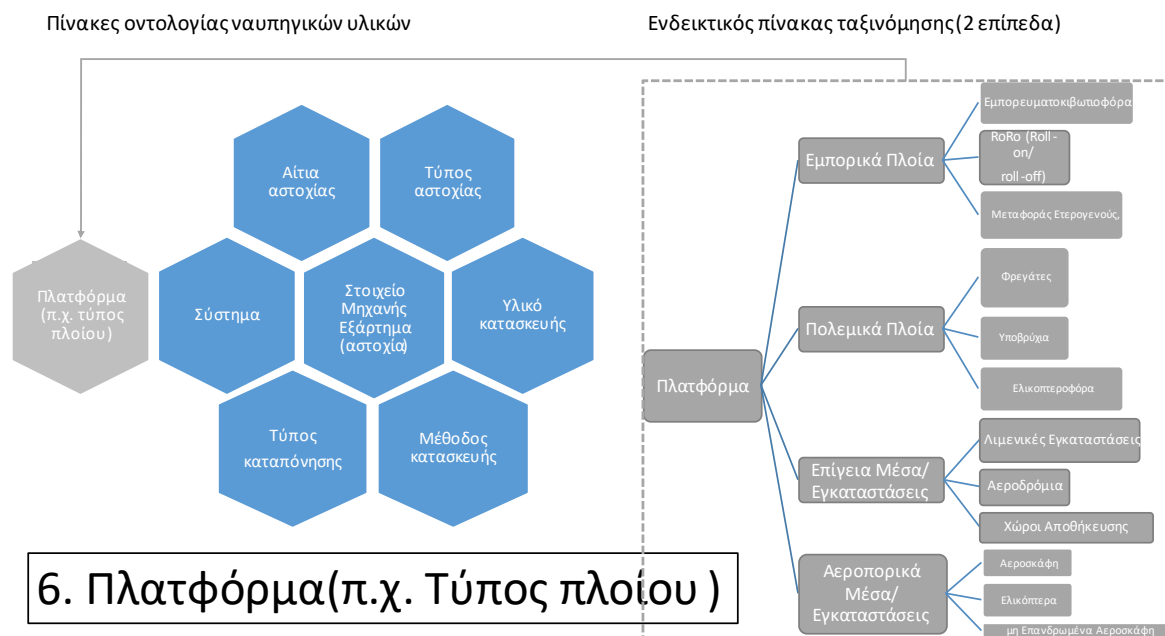
(3) Επίγεια Μέσα/ Εγκαταστάσεις (Land Assets/ Facilities). Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει χώρους στην ξηρά που έχουν ως κύριο λόγο ύπαρξης την υλικοτεχνική υποστήριξη των πλοίων και τη διαχείριση των συστημάτων ή εμπορευμάτων τους. Οι



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

επιμέρους υποκατηγορίες είναι οι Λιμενικές Εγκαταστάσεις (Port infrastructure), τα Αεροδρόμια – Ελικοδρόμια (Airports – Helipads), οι Χώροι Αποθήκευσης (Warehouses/ Storage infrastructure), οι Υποδομές Διοίκησης και Ελέγχου (Command and Control Facilities), τα παντός είδους Οχήματα (Vehicles), οι Υποδομές Πληροφορικής – Δικτύων – Ηλεκτρονικών Συστημάτων (Computer – Network – Electronic Systems) και τέλος οι Υποδομές Παραγωγής Ενέργειας (Power generation Facilities).

(4) Αεροπορικά Μέσα/ Εγκαταστάσεις (Air Assets/ Facilities). Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται ιπτάμενα μέσα που υποστηρίζουν είτε άμεσα είτε έμμεσα τις Ναυτικές Επιχειρήσεις, δηλαδή τα Αεροσκάφη (Aircrafts), τα Ελικόπτερα (Helicopters) και τα μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη (Drones – UAVs). Επειδή εστιάζεται πρωτίστως στα ναυτικά συστήματα το πρόγραμμα NAVMAT δεν έχει γίνει επί του παρόντος περαιτέρω διαχωρισμός των προαναφερθέντων στους διαφορετικούς τύπους.



Εικόνα 13: Διάγραμμα πλατφορμών (π.χ. τύποι πλοίων)

ζ. Αστοχία (Failure Mode). Προκειμένου να εξεταστεί ορθά η κατηγορία αυτή κρίθηκε σκόπιμο να γίνει ένας βασικός διαχωρισμός σε αστοχίες μετάλλων και κραμάτων και αντίστοιχες για τα σύνθετα υλικά ως ακολούθως:

(1) Αστοχία σε μέταλλα και κράματα (Failure in Metals and Alloys). Οι αστοχίες στα αναφερόμενα υλικά δύναται σε δεύτερο επίπεδο να υποδιαιρεθούν σε επτά επιμέρους κατηγορίες:

(α) Θραύση λόγω στατικής υπερφόρτισης (Static overloading fracture). Σε αυτή τη μορφή αστοχίας κρίθηκε σκόπιμο να προβούμε και σε τρίτο επίπεδο ομαδοποίησης ήτοι:

1/ Ψαθυρή θραύση (Brittle fracture). Εδώ περιλαμβάνεται ένα πλήθος όρων που σχετίζονται με συγκεκριμένες αστοχίες όπως λόγου χάρη συγκέντρωση τάσεων, μακροκλίμακα, μικροκλίμακα, διάδοση ρωγμών, αστάθεια ρωγμών, μικρορωγμές,





“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

απορρόφηση υδρογόνου, διακοκκώδης ρωγμή, χαμηλή σκληρότητα, υπερφόρτωση, περιβάλλον χαμηλής θερμοκρασίας, ρωγμές από διάβρωση τάσης, και περιβαλλοντική καταπόνηση.

2/ Όλκιμη θραύση (Ductile fracture). Αντίστοιχα με την προηγούμενη αστοχία και στην περίπτωση της όλκιμης θραύσης απαντώνται συναφείς όροι (συνώνυμοι) που διευκολύνουν την εύρεση της ορθής οντολογίας όπως κατάγμα σε ογκώδη παραμόρφωση, κατάγμα βαθουλώματος, σπηλαίωση και όλκιμη ρήξη.

3/ Μικτή θραύση (Mixed fracture) που απαντάται και με τη διεθνή ορολογία tearing structures και terraces.

(β) Κόπωση (Fatigue failure). Ως συναφείς όρους στην αγγλική βιβλιογραφία συναντάμε τα Striation, crack propagation και beachmark.

(γ) Ερπυσμός (Creep) που χωρίζεται αντίστοιχα σε Παραμόρφωση Ερπυσμού (Creep deformation) και Θραύση ερπυσμού (Creep fracture). Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντώνται συναφείς με τις εν λόγω αστοχίες όροι όπως secondary creep, elevated temperatures, time-dependent strain curves, residual stresses, slip bands, grain-boundary sliding, cavity formation, nucleation, tertiary creep, transient creep για μεν την παραμόρφωση και Overlapped segments, reentrant segments, grain facets, stress-rupture failures, intergranular για τη θραύση.

(δ) Διάβρωση (Corrosion). Η διάβρωση εμφανίζεται σε διαφορετικές μορφές με αποτέλεσμα να κρίνεται σκόπιμη η περαιτέρω κατηγοριοποίηση σε Γενικευμένη (Uniform), Γαλβανική (Galvanic), Διάβρωση Χαραγής ή εσοχής (Crevice corrosion), Διάβρωση Βελονισμών (Pitting), Περικρυσταλλική (Intergranular), Επιλεκτική (Selective leaching, dealloying corrosion), Συνδυαστική μηχανική κόπωση με διάβρωση (Corrosion fatigue), Μηχανική (Erosion) και τέλος Ρηγμάτωση λόγω καταπόνησης και διάβρωσης (Stress corrosion cracking).

(ε) Επιφανειακή/ διεπιφανειακή Φθορά (Wear). Οι εν λόγω φθορές δύναται να είναι πρόσφυσης (Adhesive wear), εκτριβής (Abrasive wear), παλινδρόμησης (Fretting wear) ή Συνδυαστικές μηχανικές και διαβρώσεις (Corrosion wear).

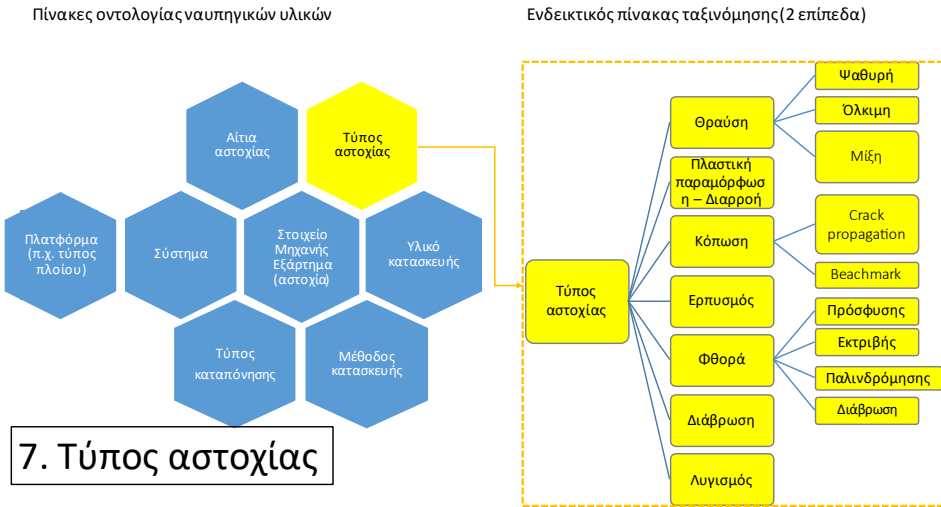
(στ) Πλαστική παραμόρφωση – Διαρροή (Yielding, plastic deformation).

(ζ) Λυγισμός (Buckling)

(2) Αστοχία σε σύνθετα υλικά (Failure in Composites/ Composite Materials). Στην εν λόγω κατηγορία περιλαμβάνονται η Θραύση/ αστοχία διεπιφάνειας ίνας – μήτρας (Fibre/ fiber – matrix Interface/Interphase failure, debonding), η Θραύση υλικού μήτρας – Ρωγμάτωση – ρηγμάτωση (matrix failure, cracking), η Θραύση ινών (fibre/fiber break, fibre/fiber fracture), η Διαστρωματική αστοχία/ θραύση (Ply/ laminate failure/ fracture, interlaminar failure/ fracture). Όσον αφορά δε στη θραύση των ινών προκύπτει περαιτέρω διαχωρισμός (3<sup>ο</sup> επίπεδο) σε όρους όπως η Θραυσματοποίηση (fragmentation), ο Λυγισμός (buckling, Kink band), η Εξέλκυση (pull out) και η Θυσσάνωση (brooming) ινών (Fibre/ fiber).



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
 “Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
 ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
 συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

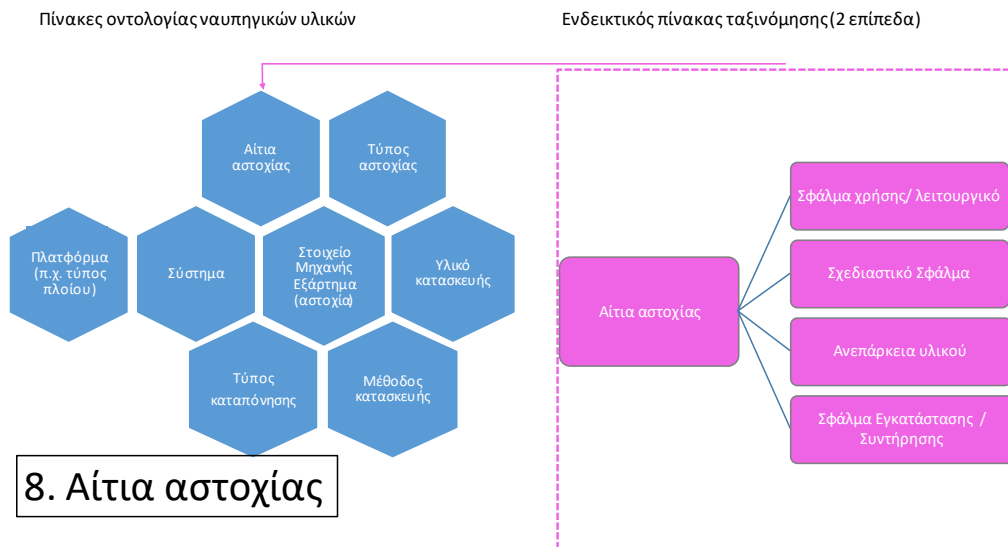


Εικόνα 14: Διάγραμμα τύπων αστοχίας

η. Αίτια αστοχίας (Root Causes of failure). Στην τελευταία αυτή κατηγορία εξετάζονται οι αιτίες της αστοχίας των υλικών. Στην πλατφόρμα του NAVMAT, οι αιτίες αστοχίας παρουσιάζονται ως πρόταση/ εκτίμηση/ ένδειξη από τον χρήστη που συνεισφέρει στο πρόγραμμα και ακολούθως επιβεβαιώνονται ή διορθώνονται από την ομάδα των ειδικών (developers) εφόσον αυτό απαιτείται. Κατά τη σύνταξη, επομένως της Βάσης Δεδομένων της πλατφόρμας τα αίτια αστοχίας χωρίστηκαν στις ακόλουθες κατηγορίες (επίπεδο 2):

- (1) Σφάλμα χρήσης/ λειτουργικό (Service life fault)
- (2) Σχεδιαστικό Σφάλμα (Design deficiency)
- (3) Ανεπάρκεια υλικού (Material defects)
- (4) Σφάλμα Εγκατάστασης/ Συντήρησης (Installation and Maintenance

fault)



Εικόνα 15: Διάγραμμα αιτίων αστοχίας





“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

## Κεφάλαιο 4: Δοκιμή απόδοσης συστήματος οντολογίας μέσω μελέτης περιστατικών (case studies)

Προκειμένου να διαπιστωθεί αν το πρότυπο οντολογίας που έχει κατασκευαστεί επαρκεί και καλύπτει ικανοποιητικά τα περιστατικά που θα εισαχθούν στο μέλλον είναι απαραίτητη η μελέτη της εφαρμογής του σε πραγματικές υποθέσεις αστοχίας υλικών (case studies). Αφού, λοιπόν, πραγματοποιηθεί μια αναφορά (ακροθιγώς) σε συγκεκριμένα case studies, θα εκτελεστεί αντιστοίχιση των επιμέρους δεδομένων με τους κατάλληλους όρους οντολογίας που εμπεριέχονται ως υποκατηγορίες στους πίνακες ταξινομίας (taxonomy tables) που έχουμε κατασκευάσει στους πίνακες .

Λόγω της διαβάθμισης ορισμένων πληροφοριών, δεδομένου ότι αφορούν σε περιστατικά επί αμυντικού υλικού, έχουν γίνει κάποιες τροποποιήσεις και γενικεύσεις οι οποίες ωστόσο δεν επηρεάζουν το εξαχθέν αποτέλεσμα της έρευνας. Το υλικό πέρχεται από το Εργαστήριο Τεχνολογίας Ναυτικών Υλικών της ΣΝΔ.

### 4.1. Μελέτη case study No.1: Βλάβη συστήματος αγκυροβολίας [10]

Το πρώτο case study που θα μελετηθεί αναφέρεται σε βλάβη που παρουσιάστηκε στο σύστημα αγκυροβολίας πλοίου επιφανείας. Η συγκεκριμένη βλάβη οφειλόταν σε ένα θραυσμένο αγκύλιο το οποίο προερχόταν από το πέμπτο κλειδί (άμμα) της άγκυρας.

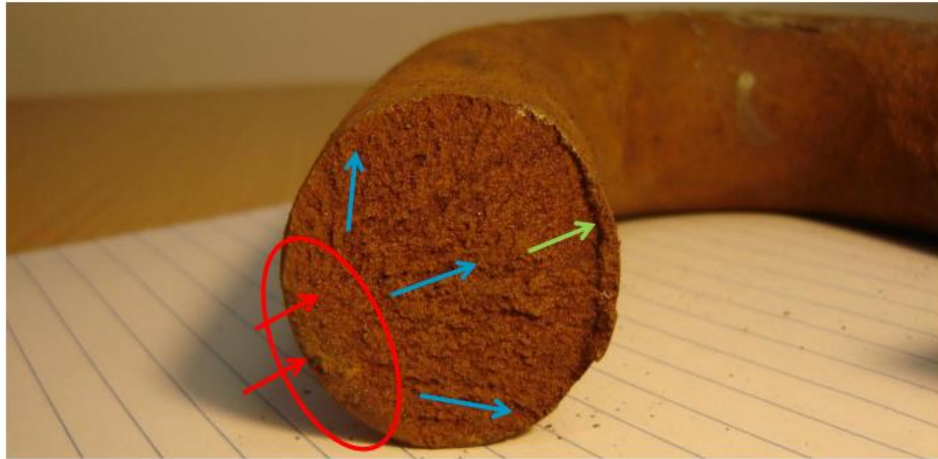


Εικόνα 16: Θραυσμένο αγκύλιο άμματος συστήματος αγκυροβολίας

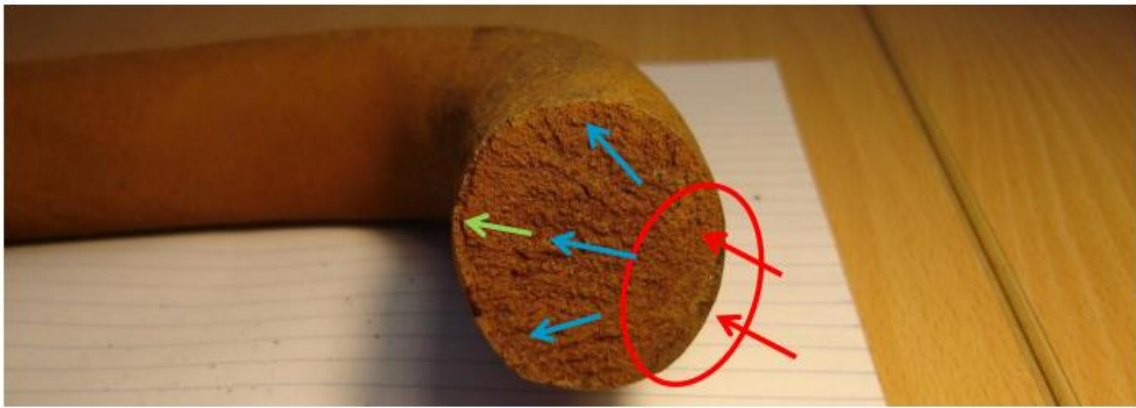
Προκειμένου να μελετηθεί εξονυχιστικά η παραπάνω αστοχία πραγματοποιήθηκε σκληρομέτρηση με χρήση βαθμονομημένου σκληρόμετρου αλλά και οπτικού μικροστερεοσκοπίου. Οι επιφάνειες αστοχίας που ερευνήθηκαν είναι οι ακόλουθες:



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”



Εικόνα 17: Επιφάνεια αστοχίας Α



Εικόνα 18: Επιφάνεια αστοχίας Β

Οι επιφάνειες αυτές φέρουν θραυστογραφικά χαρακτηριστικά που παραπέμπουν σε ψαθυρή θραύση εκ κοπώσεως.

Μελετώντας τη σχετική βιβλιογραφία προκύπτει ότι το αγκύλιο ήταν κατασκευασμένο από όλκιμο χάλυβα χαμηλής αντοχής που δεν είχε υποστεί επιβελτίωση και του οποίου η σκληρότητα δεν άρμοζε με τις σύγχρονες οδηγίες (Κάραλης, Γιαννούλης, Μελανίτης, 2020)

Από τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε εξάχθηκαν τα εξής συμπεράσματα: το κατασκευασμένο αγκύλιο ήταν από όλκιμο χάλυβα χαμηλής αντοχής. Όσον αφορά τη ψαθυρή αστοχία που παρατηρήθηκε, αυτή οφειλόταν στο φαινόμενο της κόπωσης, η οποία διαδόθηκε σταδιακά σε κάθε κύκλο φόρτισης- αποφόρτισης [10].

Με βάση τα παραπάνω και κατόπιν ενδεδειγμένης μελέτης της τελικής αναφοράς που συντάχθηκε, το παραπάνω περιστατικό αναλύεται με τους ακόλουθους όρους βάσει του προτύπου της οντολογίας που έχουμε κατασκευάσει:



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

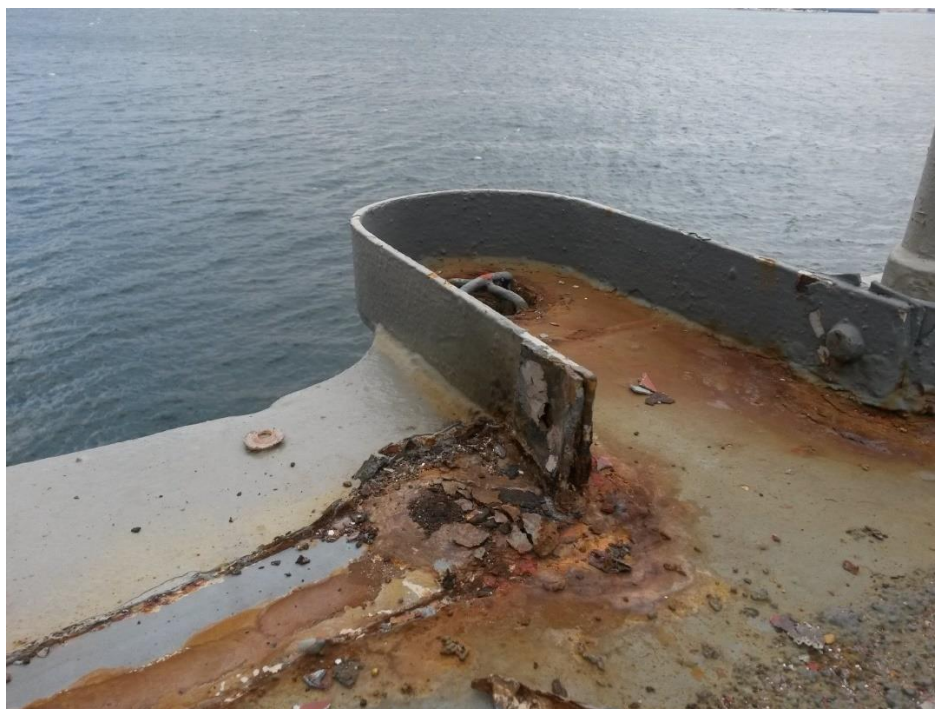
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΜΗΧΑΝΗΣ/ ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ	ΥΛΙΚΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ	ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ	ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ
Άλυσος αλυσίδας	Εφελκυσμός / Δυναμικό	Όλκιμος χάλυβας	Συγκόλληση	Θραύση, στρέβλωση, πλαστική παραμόρφωση εκ κοπώσεως	Σύστημα αγκυροβολιάς	Πολεμικό Πλοίο (γνωστός τύπος)	Ανεπάρκεια υλικού

#### 4.2. Μελέτη case study No2: Διαβρώσεις εξωτερικών καταστρωμάτων σε περιοχές απορροής υδάτων [11]

Το δεύτερο case study που αξίζει να αναφερθεί έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια περιοδικής συντήρησης (δεξαμενισμό) πλοίου επιφανείας.

Κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησης εκτελέστηκε εξάρμωση ελασμάτων ελέγχου υδάτων (γνωστά ως κρουζέτα) περιμετρικά των εξωτερικών καταστρωμάτων του πλοίου μήκους περίπου 120 μέτρων. Αυτό συνέβη καθώς παρατηρήθηκαν ευρείας έκτασης οξειδώσεις, μέχρι και αυτοδιατρήσεις των ελασμάτων του καταστρώματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα συγκεκριμένα ελάσματα δεν είχαν αφαιρεθεί και συντηρηθεί για 25 περίπου χρόνια.

Το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα κρουζέτα ήταν το αλουμίνιο, ενώ το κατάστρωμα ήταν κατασκευασμένο από ναυπηγικό χάλυβα. Τα κρουζέτα εδράζονταν επί του καταστρώματος με αμφικόχλια (μποζόνια) και αντίστοιχα περικόχλια (παξιμάδια).



Εικόνα 19: Χαρακτηριστική ζώνη εκτεταμένης οξείδωσης σε ζώνη κρουζέτου μετά την εξάρμωσή του.





*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

Σε ό,τι αφορά την ανάλυση του προβλήματος προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα: καταρχάς η εμφάνιση διάβρωσης και οξειδώσεων σε περιοχή που δεν έχει συντηρηθεί για 25 έτη είναι αναπόφευκτη. Η περιοχή αστοχίας περιελάμβανε διαφορετικά μέταλλα που βρίσκονταν σε επαφή (χάλυβας καταστρώματος και ανοξείδωτο αμφικόχλιο) και ήταν εκτεθειμένη στο δυσμενές θαλάσσιο περιβάλλον.



Εικόνα 20: Φωτογραφία εξαρμοσμένου κρουζέτου



Εικόνα 21: Περιοχή αμφικόχλιου, πλήρως διαβρωμένη περιφερειακά συγκόλλησής του στο κατάστρωμα.



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

Είναι φανερό, κατόπιν ενδελεχούς παρατήρησης της Εικόνας 21, ότι κοντά στην περιοχή συγκόλλησης του αμφικογλίου στο κατάστρωμα, η διάβρωση είναι εντονότερη στη βάση του αμφικογλίου, η οποία αποτελεί και σημείο της συγκόλλησης του στο χαλύβδινο κατάστρωμα.

Κατόπιν περαιτέρω έρευνας έγινε σαφές ότι ο σχεδιασμός και η επιλογή της μεθόδου στήριξης των ελασμάτων με τη χρήση αμφικογλίων και περικογλίων αποσκοπούσε στη δυνατότητα εξάρμωσης και επαναστερεοποίησης των ελασμάτων με σκοπό τον καθαρισμό και την προστασία των επιφανειών από διάβρωση. Επομένως, το παραπάνω φαινόμενο αποτελούσε σφάλμα συντήρησης του υλικού. Αξίζει να σημειωθεί ότι μια τακτική συντήρηση των εν θεμάτι διεπιφανειών των ελασμάτων με προσωρινή εξάρμωση, θα επέτρεπε την πρόληψη των προβλημάτων εκτεταμένης διάβρωσης που παρατηρήθηκαν στο συγκεκριμένο πλοίο [11].

Εφαρμόζοντας και πάλι το σύστημα με τους συναφείς όρους οντολογίας που έχει κατασκευασθεί, το προαναφερθέν περιστατικό αναλύεται/ κατηγοριοποιείται ως ακολούθως:

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΜΗΧΑΝΗΣ/ ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ	ΥΛΙΚΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ	ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ	ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ
Έλασμα (κρουζέτο)	Θλίψη Στατικό	Αλουμίνιο, Ναυπηγικός χάλυβας	Συνδυασμός	Οξειδωση, διάβρωση	Εξωτερικό κατάστρωμα,	Πολεμικό Πλοίο (γνωστός τύπος)	Σφάλμα Συντήρησης

### 4.3. Μελέτη case study No3: Θραυσμένοι κοχλίες σύνδεσης τορπιλοσωλήνων ΥΒ [12]

Η τρίτη περίπτωση αφορά σε θραυσμένους κοχλίες σύνδεσης τορπιλοσωληνών υποβρυχίου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο εν λόγω περιστατικό αρχικά μελετήθηκαν δύο (2) θραυσμένοι κοχλίες με τα περικόγλιά τους και με αφορμή το εν λόγω περιστατικό εκτελέστηκαν προληπτικά μη καταστροφικοί έλεγχοι σε είκοσι οκτώ (28) ακόμα κοχλίες.

Ο ρόλος των κοχλίων είναι σημαντικός, καθώς χρησιμοποιούνται στις φλάντζες σύνδεσης των οκτώ τορπιλοσωλήνων με το ανθεκτικό κέλυφος του υποβρυχίου.

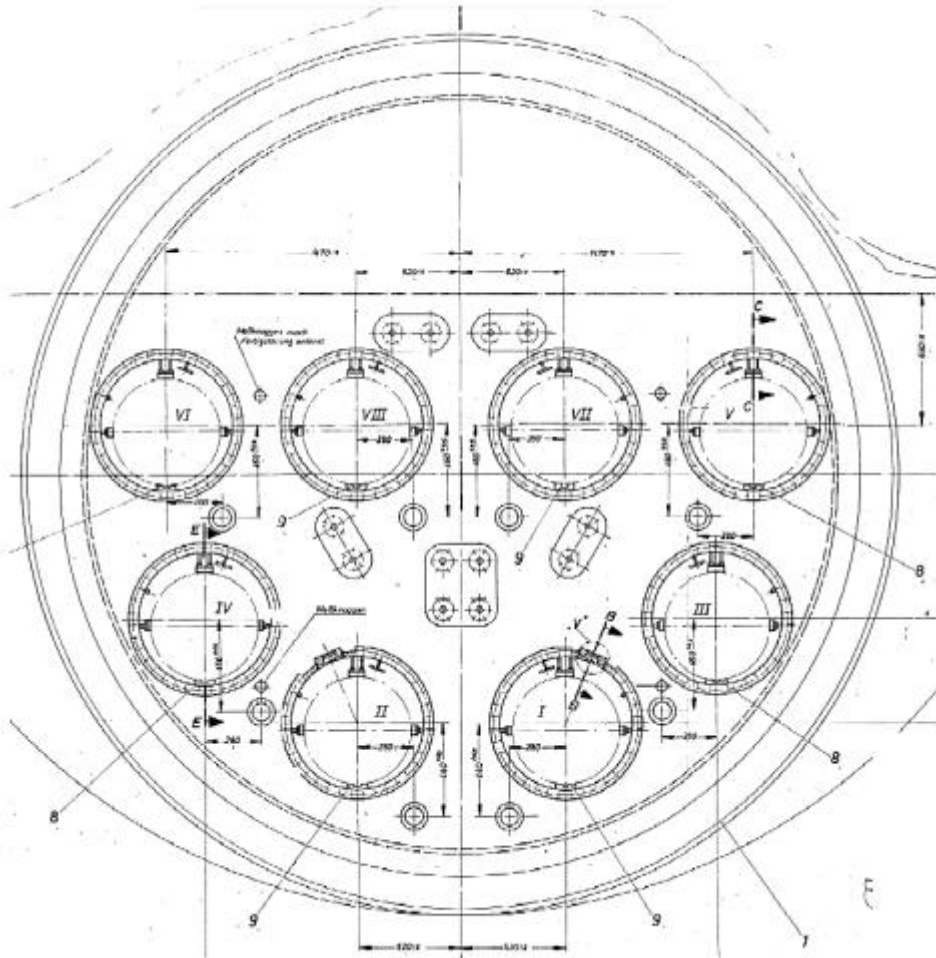
Δύο από τους θραυσμένους κοχλίες του περιστατικού απεικονίζονται παρακάτω:



Εικόνα 22: Θραυσμένοι κοχλίες με τα περικόγλιά τους



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”



Εικόνα 23: Οι οκτώ (8) τορπιλοσωλήνες όπως αυτοί φαίνονται από την εμπρόσθια όψη του υποβρυχίου

Κατόπιν αναλύσεων οι κοιλίες Α, Β εντοπίστηκε ότι φέρουν εκτεταμένες πλαστικές παραμορφώσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο. Οι εν λόγω παραμορφώσεις εμφανίζονταν, είτε με τη μορφή της στρέβλωσης, είτε με τη μορφή βαθιών επιφανειακών χαραγών που εκτείνονταν κατά μήκος του λείου τμήματος του κορμού των κοιλιών.

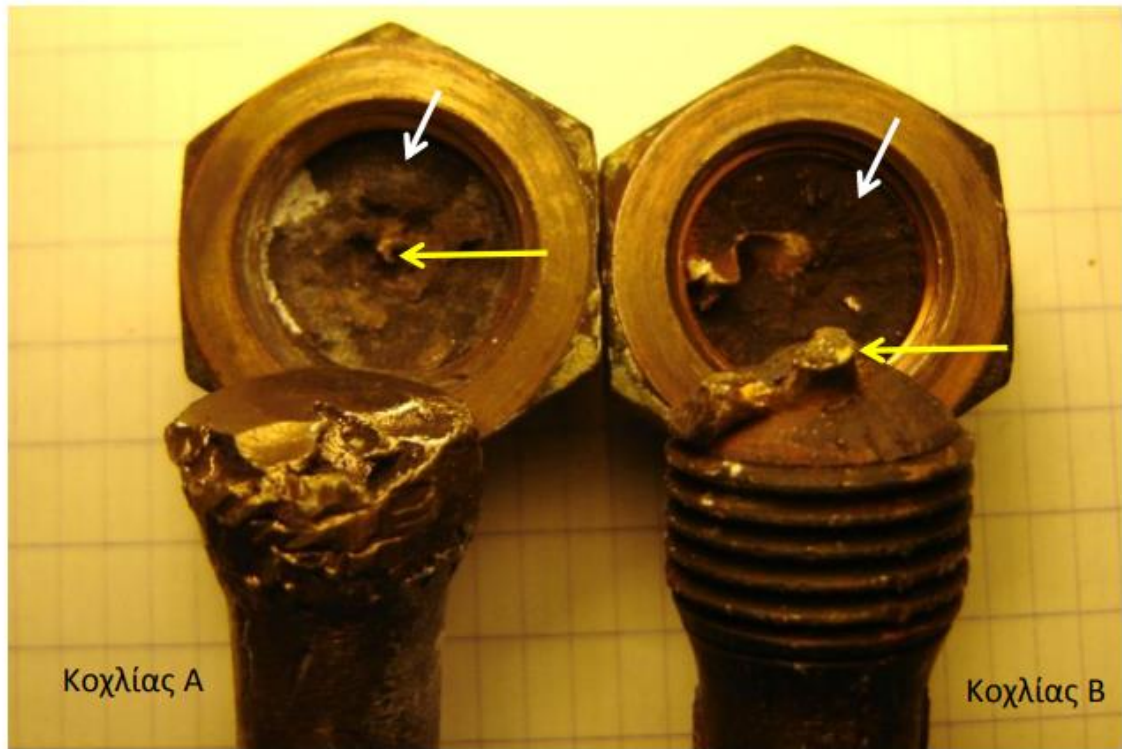
Κατόπιν χημικών αναλύσεων στους κοιλίες που αστόχησαν διαπιστώθηκε ότι είναι κατασκευασμένοι από κράμα Χαλκού (Cu) – Μαγγανίου (Mn) και πιο συγκεκριμένα από το εξειδικευμένο κράμα που φέρει την κωδική ονομασία «Mn Bz 14 (Resistin Bronze)»

Κατόπιν εκτελέστηκε μελέτη των επιφανειών αστοχίας (θραυστογραφία) όπου χρησιμοποιήθηκε ιδιωτικό οπτικό μικροστερεοσκόπιο και κατάλληλη συσκευή λουτρού υπερήχων σε συνδυασμό με ειδικά χημικά καθαριστικά διαλύματα. Ακόμα για περαιτέρω μελέτη της επιφάνειας θραύσης χρησιμοποιήθηκε Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σαρώσεως (SEM)





“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
 “ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
 ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
 συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”



Εικόνα 24: Οι κοχλίες Α και Β που φέρουν τις πλαστικές παραμορφώσεις

Κατόπιν πολλαπλών εργαστηριακών αναλύσεων και υπολογιστικής μοντελοποίησης, προκειμένου να υπάρξει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ερμηνεία του μηχανισμού αστοχίας υλικών, εξάχθηκαν τα εξής πορίσματα: Η διάδοση της αστοχίας, αν και κατά κύριο λόγο ήταν ψαθυρή, δεν έγινε ακαριαία αλλά πραγματοποιήθηκε σε βάθος χρόνου. Το εν λόγω κράμα καθώς βρισκόταν σε θαλάσσιο περιβάλλον, έγινε σταδιακά όλο και φτωχότερο σε κραματικά στοιχεία, με αποτέλεσμα να δημιουργείται τελικά μια σπογγώδης και πορώδης δομή, χαμηλής αντοχής. Βέβαια εκτός από τους μηχανισμούς διάβρωσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος υπήρξαν και επιβαλλόμενες μηχανικές καταπονήσεις επί των κοχλιών και ο συνδυασμός του επέφερε την αστοχία [12].

Βάσει του προτύπου της οντολογίας που έχουμε κατασκευάσει, το περιστατικό περιγράφεται ως ακολούθως.

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΜΗΧΑΝΗΣ/ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ	ΥΛΙΚΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ	ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ	ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ
Κοχλίας	Θλίψη/ Μηχανικό	Κράμα Χαλκού(Cu) -Μαγγανίου (Mn)- Σιδήρου (Fe)	Μορφοποίηση	Διάβρωση κόπωση, Θραύση	Τορπιλοσωλήνες	Υποβρύχιο	Ανεπάρκεια υλικού λόγω φυσικής φθοράς υλικού



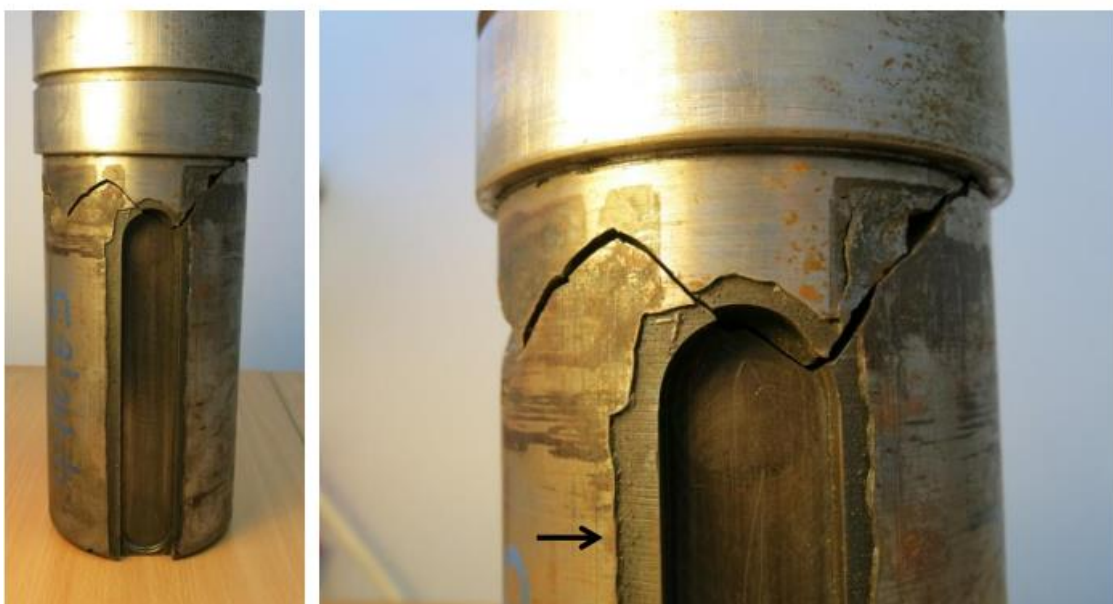
“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

#### 4.4. Μελέτη case study Νο4: Αστοχία άξονα ηλεκτρομηχανής [25]

Το τελευταίο case study αφορά σε θραυσμένο άξονα ηλεκτρομηχανής:



Εικόνα 25: Τα δύο τεμάχια από τον θραυσμένο άξονα της ηλεκτρομηχανής



Εικόνα 26: Τα δύο τεμάχια από το θραυσμένο άξονα της ηλεκτρομηχανής με τις συζυγείς επιφάνειες αστοχίας σε επαφή.





“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

Από τις εικόνες είναι φανερό ότι η αστοχία του υλικού οφείλεται στο φαινόμενο της κόπωσης, η οποία σταδιακά διαδόθηκε σε όλη την εγκάρσια διατομή του, μέχρι να προκύψει η πλήρης αστοχία.

Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκαν ρωγματώσεις στην εξωτερική στοιβάδα του άξονα, καθώς και ακατάλληλη συνοχή στην στοιβάδα με το υπόστρωμα του άξονα. Αυτές ενδεχομένως οφείλονται στις διαδικασίες κατασκευής/κατεργασίας του υλικού, ήτοι το αίτιο της αστοχίας είναι κατά πάσα πιθανότητα σφάλμα στη σχεδίαση [25].

Με τους όρους οντολογίας το παραπάνω περιστατικό αναλύεται ως ακολούθως:

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΜΗΧΑΝΗΣ/ ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ	ΥΛΙΚΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ	ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ	ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ
Άξονας	Συνδυασμός/ Δυναμικό	Σιδηρούχο κράμα	Μορφοποίηση	Κόπωση	Άξονας Ηλεκτρομηχανής	Πολεμικό Πλοίο	Σχεδιαστικό Σφάλμα

## Συμπεράσματα

Από τα προαναφερθέντα καθίσταται πρόδηλη η αξία της διαμόρφωσης της οντολογίας για την ανάπτυξη μιας πλατφόρμας που θα έχει σκοπό την ανάλυση αστοχιών υλικών και συστημάτων. Η ορθή διαμόρφωση της Οντολογίας είναι άρρηκτα συνυφασμένη με την απόδοση ενός συστήματος που θα βασίζεται στην επεξεργασία μιας συνεχώς αναπτυσσόμενης βάσης δεδομένων με τεχνολογικά εργαλεία βασισμένα στις Αρχές της Τεχνητής Νοημοσύνης (A.I. Technology).

Πρωταρχικός ρόλος μιας τέτοιας πλατφόρμας θα είναι κατ' αρχάς η εισαγωγή περιστατικών για εμπλουτισμό της βάσης δεδομένων και εν συνεχεία η ανάλυση των αστοχιών, η οποία, μάλιστα θα συμβάλλει στη βελτίωση του σχεδιασμού ενός συστήματος, την ορθή επιλογή των συστατικών στοιχείων αυτού, της παραγωγής (υλοποίηση σχεδιασμού) και φυσικά της συντήρησης του (συνολικά ή μεμονωμένα). Αυτό, όπως προαναφέρθηκε προϋποθέτει την κατασκευή άρτιων (πληρότητα δεδομένων) και αξιόπιστων όρων οντολογίας που θα καλύψουν επαρκώς μια πληθώρα περιστατικών/ υποθέσεων.

Πέραν όμως της συλλογής και της ομαδοποίησης δεδομένων από τα εκάστοτε περιστατικά αστοχίας, μέσω μιας αξιόπιστης οντολογίας θα προσφέρεται η δυνατότητα στους χρήστες μίας πλατφόρμας διαχείρισης γνώσης περί αστοχίας υλικών, όπως αυτή αναλύεται στην παρούσα εργασία, για έξυπνη ανάκτηση πληροφοριών σχετικά με παλαιότερα περιστατικά που θα σχετίζονται άμεσα με το αντικείμενο έρευνάς τους. Είναι σαφές, λοιπόν ότι όσα περισσότερα δεδομένα συλλέγονται μέσω της εφαρμογής, τόσο πιο αξιόπιστα θα είναι και τα αποτελέσματα που θα παρουσιάζονται στους συνδρομητές.

Στο συγκεκριμένο ερευνητικό πόνημα έγινε μια πρώτη προσπάθεια ανάπτυξης μίας προτεινόμενης οντολογίας που να αφορά στην αστοχία υλικών. Έπειτα από μελέτη, δημιουργήθηκαν οι πρώτες οκτώ κατηγορίες δηλαδή στοιχείο μηχανής ή εξάρτημα, τύπος καταπόνησης, υλικό που παρουσίασε την αστοχία, μέθοδος κατασκευής, σύστημα, πλατφόρμα, τύπος αστοχίας και τέλος αίτια αστοχίας. Οι ανωτέρω κατηγορίες αποτέλεσαν το πρώτο επίπεδο και με βάση αυτές ακολούθησε περαιτέρω ταξινόμηση σε επίπεδα εξειδίκευσης (κατεύθυνση από γενικότερο σε ειδικότερο - διακλάδωση).



*“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”*

Προκειμένου να διαπιστωθεί η αξιοπιστία του μοντέλου κατηγοριοποίησης οντολογίας που δημιουργήθηκε, πραγματοποιήθηκε η δοκιμή εφαρμογής του σε διάφορα πραγματικά περιστατικά που αφορούσαν σε αστοχία υλικού (case study). Η στατιστική μελέτη περιστατικών, όπως αναλύθηκε παραπάνω (κεφάλαιο 4) απέδειξε ότι οι κατηγορίες οντολογίας που κατασκευάστηκαν από τους γράφοντες, υπό την καθοδήγηση του επιβλέποντος καθηγητή, επαρκούν για να χαρακτηρίσουν τα προαναφερθέντα περιστατικά και ως εκ τούτου σε μια μελλοντική πλατφόρμα θα μπορούν να αποδώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα αναζήτησης.

Εν κατακλείδι, αξίζει να σημειωθεί ότι συστήματα διαχείρισης της γνώσης περί αστοχίας ναυτικών/ ναυπηγικών υλικών, τα οποία θα βασίζονται σε οντολογία αντίστοιχη με αυτήν που παρουσιάστηκε και αναλύθηκε στη συγκεκριμένη εργασία, δύναται να χρησιμοποιηθούν τόσο από απλούς χρήστες που αναζητούν λύσεις σε καθημερινά θέματα διαχείρισης δυσλειτουργιών, όσο και από την επιστημονική κοινότητα, στο πλαίσιο πειραματικής/ εφαρμοσμένης έρευνας. Ένα τέτοιο, ολοκληρωμένο σύστημα φιλοδοξεί να γίνει και το υπό ανάπτυξη «NAVMAT».



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

## Βιβλιογραφία

- [1] Critters, C. (2019, June 16). *Classification and taxonomy of plants and animals*. Crazy Plants Crazy Critters. Retrieved March 2, 2022, from <https://crazycrittersinc.com/classification-and-taxonomy-of-plants-and-animals/>
- [2] Garfield, S. (2021, May 17). *What's the difference between an ontology and a taxonomy?* Medium. Retrieved March 2, 2022, from <https://stangarfield.medium.com/whats-the-difference-between-an-ontology-and-a-taxonomy-c8da7c56fba>
- [3] Melanitis, N., Giannakopoulos, G., Stamatakis, K., Mouzakis, D., & Koutsomichalis, A. (2021, November 15). *Designing a knowledge management system for naval materials failures*. MATEC Web of Conferences. Retrieved March 2, 2022, from [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2021/18/mateconf\\_iceaf2021\\_03006/mateconf\\_iceaf2021\\_03006.html](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2021/18/mateconf_iceaf2021_03006/mateconf_iceaf2021_03006.html)
- [4] Stanford Center for Biomedical Informatics Research. (n.d.). *A free, open-source ontology editor and framework for Building Intelligent Systems*. protégé. Retrieved March 2, 2022, from <https://protege.stanford.edu/>
- [5] Shi, P., Huo, J., & Wang, Q. (2014, January 7). *Data Science Journal*. Retrieved March 2, 2022, from <https://datascience.codata.org/articles/abstract/45/>
- [6] Altenbach, H., & Sadowski, T. (2015). *Failure and damage analysis of Advanced Materials*. Springer Vienna.
- [7] O'Halloran, B., Stone, R., & Tumer, I. (1970, January 1). *A failure modes and mechanisms naming taxonomy: Semantic scholar*. Retrieved March 2, 2022, from <https://www.semanticscholar.org/paper/A-failure-modes-and-mechanisms-naming-taxonomy-O%27Halloran-Stone/384d665951b77f1fcbef06c2a33449a2ff7445e3>
- [8] Hamdy, M. A. S., & Aliofkhaezrai, M. (2016). *Handbook of Materials Failure Analysis with case studies from the oil and Gas Industry*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- [9] Maleki, E., Belkadi, F., Ritou, M., & Bernard, A. (2017, September 8). *A tailored ontology supporting sensor implementation for the maintenance of Industrial Machines*. MDPI. Retrieved March 2, 2022, from <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/9/2063>
- [10] Κάραλης, Δ., Γιαννούλης, Ι., & Μελανίτης, Ν. Ε. (2020). (rep.). *4.1. Μελέτη case study No1: Βλάβη συστήματος αγκυροβολίας. ΣΝΔ, Πειραιάς*
- [11] Μελανίτης, Ν., & Αντωνάκος, Π. (2017). (rep.). *4.2. Μελέτη case study No2: Διαβρώσεις εξωτερικών καταστροφμάτων σε περιοχές απορροής υδάτων, ΣΝΔ, Πειραιάς*
- [12] Κάραλης, Δ., Γιαννούλης, Ι., & Μελανίτης, Ν. (2017) (rep.). *4.3. Μελέτη case study No3: Αστοχία Θραυσμένων Κοχλιών Σύνδεσης, ΣΝΔ, Πειραιάς*
- [13] James, A. T., Gandhi, O. P., & Deshmukh, (2017) S. G.. *Knowledge management of automobile system failures through development of failure knowledge ontology from maintenance experience*. Journal of Advances in Management Research.
- [14] Karalis, D.G., Melanitis, N.E., (2014) *Analysis of a premature failure of a hub from a diesel generator of a high-speed motor ship, Journal of Failure Analysis and Prevention*



“Α. Χριστοδούλου - Χ.Α Κορκολή”,  
“ Διαμόρφωση οντολογίας για την αστοχία των ναυτικών/  
ναυπηγικών υλικών ως προϋπόθεση για την ανάπτυξη  
συστημάτων διαχείρισης της γνώσης ”

- [15] Ebrahimipour, V., Rezaie, K., & Shokravi, S. (2009, June 30). *An ontology approach to support FMEA studies*. Expert Systems with Applications. Retrieved March 3, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417409005715>
- [16] Giannakopoulos, G., Mavridi, P., Paliouras, G., Papadakis, G., & Tserpes, K. (2012, June). Representation models for text classification: a comparative analysis over three web document types. In Proceedings of the 2nd international conference on web intelligence, mining and semantics (p. 13). ACM.
- [17] Zablith, Fouad; Antoniou, Grigoris; d’Aquin, Mathieu; Flouris, Giorgos; Kondylakis, Haridimos and Motta, Enrico (2015). Ontology evolution: a process-centric survey. The Knowledge Engineering Review, 30(1) pp. 45–75.
- [18] Zablith, Fouad (2009). Evolva: a comprehensive approach to ontology evolution. In: 6th European Semantic Web Conference (ESWC 2009), 31 May - 4 Jun 2009, Heraklion, Crete, Greece, Springer-Verlag, pp.944–948.
- [19] WebProtégé ontology management system <https://github.com/protegeproject/webprotege>
- [20] Karalis, D.G., Melanitis, N.E., Pantelis, D.I. (2012), *Failure analysis of a rock anchor made of stainless steel in marine environment*, Eng. Failure Analysis, 19(1), pp. 123–130
- [21] Musen, M.A.(2015).. The Protégé project: A look back and a look forward. AI Matters. Assoc. of Computing Machinery Specific Interest Group in Artificial Intelligence.
- [22] Michopoulos, J. G., & Iliopoulos, A. P. (2009). *Ontological Cross-Reducibility of Failure Theories for Composite Materials*.
- [23] Mizoguchia, R., & Borgo, S. (n.d.). *The Role of the Systemic View in Foundational Ontologies*. Retrieved February 17, 2022, from <http://ceur-ws.org>
- [24] Boccon-Gibod, H. (2020, January 11). *Displaying and editing ontology items using a mind mapping paradigm*. Redirection vers democritique.org. Retrieved February 5, 2022, from [http://www.democritique.org/TI/Cours\\_URSI-1-00\\_Page\\_06\\_Mind\\_mapping.svg.xhtml](http://www.democritique.org/TI/Cours_URSI-1-00_Page_06_Mind_mapping.svg.xhtml)
- [25] Κάραλης Δ. & Μελανίτης, Ν.(2018) (rep.). 4.4. Μελέτη case study No4: Αστοχία άξονα Ηλεκτρομηχανής, ΣΝΔ, Πειραιάς