



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής  
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

Τίτλος Διατριβής	Σύγχρονα και Ασφαλή Ωκεανογραφικά Πληροφορικά Συστήματα – Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Αντώνης Χαλκιόπουλος
Πατρώνυμο	Γεώργιος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ/ 09026
Επιβλέπων	Δέσποινα Πολέμη, Επίκουρος Καθηγήτρια

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

(υπογραφή)

Δέσποινα Πολέμη  
Επίκουρος Καθηγήτρια

(υπογραφή)

Χρήστος Δουλιγέρης  
Καθηγητής

(υπογραφή)

Παναγιώτης Κοτζανικολάου  
Λέκτορας

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Λεωνίδα Περιβολιώτη, ειδικό επιστήμονα του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Έρευνών για την πολύτιμη συμβολή του στην εξερεύνηση των άγνωστων για εμένα μονοπατιών της Ωκεανογραφίας, τον Δρ. Αθανάσιο Καραντζιά για τις συμβουλές και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής, και τέλος, όλους τους φίλους και συγγενείς που στάθηκαν δίπλα μου όλο αυτό το διάστημα.

Πειραιάς,  
Σεπτέμβριος 2012

Αντώνης Χαλκιάπουλος

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο παγκόσμιος ωκεανός της Γης αποτελεί την μεγαλύτερη επιβεβαιωμένη ωκεάνια επιφάνεια μεταξύ όλων των πλανητών του ηλιακού μας συστήματος που έχουν παρατηρηθεί. Περίπου το 71% της επιφάνειας της Γης ( $\sim 3.6 \times 10^8 \text{ km}^2$ ) καλύπτεται από υφάλμυρο νερό το οποίο απλώνεται σε πολλούς κύριους ωκεανούς και σε μικρότερες θάλασσες. Επειδή είναι το κύριο συστατικό της Υδρόσφαιρας της Γης, ο παγκόσμιος ωκεανός αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο για όλες τις μορφές ζωής του πλανήτη, συμμετέχει στον κύκλο του άνθρακα και επηρεάζει το κλίμα και τα καιρικά φαινόμενα.

Η Επιχειρησιακή Ωκεανογραφία (Ε.Ω) έχει σκοπό την ανάπτυξη μεθόδων και συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης, πρόγνωσης και πληροφόρησης για τις συνθήκες που επικρατούν στο θαλάσσιο περιβάλλον. Σε παγκόσμια κλίμακα, όλοι οι μεγάλοι ωκεανογραφικοί οργανισμοί ασχολούνται με ένα μεγάλο κομμάτι της Ε.Ω. που σχετίζεται με τις μετρήσεις που λαμβάνονται από αυτόνομους σταθμούς μέτρησης. Για να διαχειριστούν τις μετρήσεις αυτές, οι οργανισμοί πρέπει να δημιουργήσουν ένα πληροφοριακό σύστημα ικανό να λαμβάνει, να επεξεργάζεται και να διαδίδει τα δεδομένα.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματεύεται τα σύγχρονα πληροφοριακά συστήματα και τις απαιτήσεις τους και εμβαθύνει στον τομέα της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας. Οι απαιτήσεις που αναγνωρίστηκαν ικανοποιήθηκαν στο ωκεανογραφικό πληροφοριακό σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ που αποτελεί το ελληνικό παράδειγμα στον τομέα της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας. Η ικανοποίηση των απαιτήσεων οδήγησε στην αναβάθμιση του συστήματος.

**Λέξεις κλειδιά:** Επιχειρησιακή Ωκεανογραφία, αυτόνομοι σταθμοί μέτρησης, πλωτοί σημαντήρες, σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ, πληροφοριακά συστήματα, πολύ-επίπεδη αρχιτεκτονική, υπηρεσιοστραφής αρχιτεκτονική (SOA), διαλειτουργικότητα, υπηρεσίες ιστού, ESB, Βάσεις Δεδομένων, NetCDF, ασφάλεια πληροφοριακών συστημάτων, κρυπτογραφία, ασφάλεια βάσεων δεδομένων.

## ABSTRACT

On all observable planets Earth's global ocean is the largest confirmed surface ocean. Saline water covers approximately 71% of the planet's surface ( $\sim 3.6 \times 10^8 \text{ km}^2$ ) and is customarily divided into several principal oceans and smaller seas. The world ocean is the principal component of Earth's hydrosphere and is integral to all known life, forms part of the carbon cycle, and influences climate and weather patterns.

Operational Oceanography aims to develop methods and systems for continuous monitoring, forecasting and information on conditions in the marine environment. Globally, all major oceanographic institutions are dealing with a big part of operational oceanography associated with measurements obtained by self-monitoring stations like buoys. In order to manage these measurements, organizations need to create an information system able to receive, process and disseminate data.

This thesis deals with modern information systems and their requirements and deepens in the fields of security and privacy. The requirements identified met in the oceanographic information system POSEIDON which is the Greek example in the field of operational oceanography. Meeting the demands led to the upgrading of the system.

**Keywords:** Operational Oceanography, buoys, POSEIDON System, Information Systems, multi-tier architecture, service oriented architecture (SOA), interoperability, web services, ESB, Databases, NetCDF, Information System security, cryptography, Database security.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ωκεανογραφία είναι ο κλάδος των επιστημών της Γης (Earth Sciences) που εξετάζει τον “παγκόσμιο Ωκεανό” μέσα από τις φυσικές, χημικές, γεωλογικές και βιολογικές του ιδιότητες με απώτερο σκοπό την εξέλιξη της γνώσης για τους ωκεανούς παγκοσμίως και την πλήρη κατανόηση των διεργασιών που συντελούνται σε αυτούς. Οι αυξημένες ανάγκες των χρηστών σε παγκόσμιο επίπεδο για πρόσβαση σε αξιόπιστα ωκεανογραφικά δεδομένα υψηλής ανάλυσης καθώς και η ανάγκη για ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των θεμάτων που σχετίζονται με το θαλάσσιο περιβάλλον, την παράκτια ζώνη, το παγκόσμιο κλίμα και τις ωκεάνιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατέστησαν πρόσφορο το έδαφος και επιτακτική την ανάγκη για ανάπτυξη της Επιχειρησιακής Ωκεανογραφίας (Ε.Ω.).

Η κύρια δραστηριότητα της Ε.Ω. είναι οι συστηματικές και επαναλαμβανόμενες μετρήσεις των θαλάσσιων και ατμοσφαιρικών χαρακτηριστικών με σκοπό να παρέχονται συνεχείς προγνώσεις της κατάστασης της θάλασσας και της ατμόσφαιρας σε τοπικό επίπεδο και των κλιματικών αλλαγών και μεταβολών σε παγκόσμιο επίπεδο και να συγκεντρώνονται και να καταχωρούνται ομαδοποιημένα ωκεανογραφικά δεδομένα προκειμένου να μοντελοποιούνται οι τάσεις, οι αλλαγές και οι περιοδικότητες διαφόρων φαινομένων και να ανακτώνται εύκολα και γρήγορα πληροφορίες για παρελθοντικές καταστάσεις των θαλασσών.

Για τη συνεχή παρακολούθηση, πρόγνωση και πληροφόρηση σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν στο θαλάσσιο περιβάλλον χρησιμοποιούνται διάφοροι μετρητικοί σταθμοί οι οποίοι μπορούν να καταγράφουν δεδομένα χωρίς παρακολούθηση με αυτόνομο τρόπο και να τα αποστέλλουν στη συνέχεια στα κέντρα συλλογής δεδομένων για την περαιτέρω επεξεργασία και διάδοσή τους. Τα κέντρα συλλογής δεδομένων είναι ουσιαστικά σύγχρονα πληροφοριακά συστήματα που συλλέγουν συστηματικά δεδομένα από όλους τους αυτόνομους μετρητικούς, τα αξιολογούν ως προς την αξιοπιστία τους και τα ταξινομούν ώστε να είναι διαθέσιμα τόσο για επιστημονική χρήση όσο και για διάδοση στο κοινό και σε φορείς οι οποίοι τα χρειάζονται για τη δραστηριότητά τους στη θάλασσα κλπ.

Ένα σύγχρονο ωκεανογραφικό πληροφοριακό σύστημα πρέπει να μπορεί να διαχειριστεί τον μεγάλο όγκο των δεδομένων που συλλέγονται καθημερινά. Για τούτο σκοπό αυτό και προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες και οι απαιτήσεις του συστήματος η αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες (Service Oriented Architecture ή SOA) αποτελεί σήμερα την καλύτερη επιλογή. Η αρχιτεκτονική SOA είναι η πιο σύγχρονη αρχιτεκτονική προσέγγιση που σχετίζεται με την ανάπτυξη, την ενσωμάτωση και τη συντήρηση των σύνθετων, σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων. Αποτελεί μια συλλογή υπηρεσιών οι οποίες επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας μηνύματα. Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής SOA είναι η χαλαρή σύζευξη (loose coupling) των υπηρεσιών που την αποτελούν, καθώς το περιβάλλον της κάθε υπηρεσίας είναι ανεξάρτητο από την εφαρμογή. Επομένως, οι σχεδιαστές των συστημάτων μπορούν να δημιουργήσουν τις εφαρμογές τους συνθέτοντας μία ή περισσότερες υπηρεσίες χωρίς να χρειάζεται να γνωρίζουν τον τρόπο ανάπτυξής τους.

Οι υπηρεσίες που χρησιμοποιούν τα πρότυπα υπηρεσιών ιστού (Web Services), π.χ. τη Γλώσσα Περιγραφής Υπηρεσιών Ιστού WSDL (Web Service Definition Language), το Απλό Πρωτόκολλο Πρόσβασης Αντικειμένου SOAP (Simple Object Access Protocol), το Μητρώο Υπηρεσιών UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) και την Κωδικοποίηση XML, είναι οι δημοφιλέστεροι τύποι υπηρεσιών σήμερα. Η υπόσχεση των υπηρεσιών ιστού είναι να παρέχουν την τεχνολογική υποδομή για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας μεταξύ εφαρμογών που χρησιμοποιούν διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, πλατφόρμες λογισμικού και γλώσσες προγραμματισμού.

Η τεχνολογία ESB αποτελεί ένα βασικό χαρακτηριστικό της αρχιτεκτονικής SOA καθώς παρέχει ασφαλείς υπηρεσίες μεταφοράς μηνυμάτων μεταξύ των εφαρμογών και διαλειτουργικότητα με τη χρήση υπηρεσιών ιστού και άλλων σχετικών τεχνολογιών. Ένα σύστημα ESB παρέχει επίσης υπηρεσίες χαλαρής σύνδεσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση διαφορετικών συστημάτων ώστε να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν πληροφορίες. Η επικοινωνία μεταξύ των εφαρμογών γίνεται μέσω κλήσης υπηρεσιών σε διάφορες τοποθεσίες.

Η σωστή και αποτελεσματική διαχείριση του συνόλου των ωκεανογραφικών δεδομένων απαιτεί επίσης τη χρήση ενός συστήματος βάσης δεδομένων το οποίο θα αναλάβει αποκλειστικά την αποθήκευση, προστασία

και επεξεργασία των δεδομένων, παρέχοντας εξελεγμένους μηχανισμούς πρόσβασης, δικαιωμάτων και ενημέρωσης των δεδομένων.

Για τον διάδοση και την παρουσίαση των ωκεανογραφικών δεδομένων σε τρίτους φορείς είναι απαραίτητη η χρήση συγκεκριμένων προτύπων. Ένα τέτοιο πρότυπο το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως από την ωκεανογραφική κοινότητα είναι το NetCDF το οποίο αποτελεί ένα σύνολο διεπαφών προσανατολισμένων στην πρόσβαση και ανάκτηση δεδομένων τα οποία είναι σε μορφή πινάκων.

Όλα τα πρότυπα και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται από ένα σύγχρονο ωκεανογραφικό πληροφοριακό σύστημα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις ασφαλείας (αυθεντικοποίηση, ακεραιότητα, εμπιστευτικότητα, μη άρνηση της ευθύνης, διαθεσιμότητα) με χρήση κατάλληλων υπηρεσιών και μηχανισμών ασφαλείας όπως είναι οι ψηφιακές υπογραφές, οι μηχανισμοί κρυπτογράφησης, οι υπηρεσίες διαχείρισης ταυτότητας, ελέγχου πρόσβασης, διαχείρισης κλειδιών και πιστοποιητικών κ.α.

Το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ είναι ένα σύστημα παρακολούθησης, πρόγνωσης και πληροφόρησης για την κατάσταση των ελληνικών θαλασσών καταρχήν αλλά και της υπόλοιπης Μεσογείου. Για την παρακολούθηση χρησιμοποιείται ένα δίκτυο πλωτών μετρητικών σταθμών οι οποίοι είναι ποντισμένοι σε διάφορα σημεία του Αιγαίου και του Ιονίου πελάγους. Οι σταθμοί στέλνουν τα δεδομένα στο επιχειρησιακό έντρο του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών όπου εκεί γίνεται η αποθήκευση, η διαχείριση, η επεξεργασία και τελικά η διάδοσή τους στην ωκεανογραφική κοινότητα, σε τρίτους φορείς και σε κάθε ενδιαφερόμενο.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχει σαν σκοπό την αναβάθμιση του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ προκειμένου να μπορέσει να ικανοποιήσει όλες τις απαιτήσεις των σύγχρονων ωκεανογραφικών πληροφοριακών συστημάτων σε επίπεδο υπηρεσιών και ασφαλείας. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε μια αρχιτεκτονική τριών επιπέδων η οποία περιλαμβάνει το επίπεδο της βάσης δεδομένων, το επίπεδο εφαρμογής και το επίπεδο της δικτυακής πύλης του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ. Στο επίπεδο της βάσης δεδομένων γίνεται η ενημέρωση της βάσης δεδομένων με τις νέες κάθε φορά μετρήσεις που στέλνουν οι σταθμοί και ο έλεγχος πληρότητάς τους. Στο επίπεδο εφαρμογής εκτελούνται διάφορες επιχειρησιακές λειτουργίες με τις πιο σημαντικές να είναι ο ποιοτικός έλεγχος των δεδομένων, η καταχώρηση των μετα-δεδομένων για κάθε σταθμό μέτρησης και η δημιουργία των αρχείων (NetCDF, TXT) που χρειάζεται να στέλνονται στους τρίτους φορείς με τους οποίους το ΕΛΚΕΘΕ έχει υπογράψει σύμβαση συνεργασίας. Τέλος, στο επίπεδο δικτυακής πύλης έχουν πρόσβαση όλοι οι ενδιαφερόμενοι χρήστες που επιθυμούν να μεταφορτώσουν δεδομένα και να ενημερωθούν μέσω γραφημάτων και πινάκων για τις τελευταίες μετρήσεις των σταθμών. Η πρόσβαση στη δικτυακή πύλη της βάσης δεδομένων επιτρέπεται σε εξουσιοδοτημένους χρήστες οι οποίοι διακρίνονται σε τρία επίπεδα ανάλογα με τις δυνατότητες πρόσβασης που έχει ο καθένας. Πιο συγκεκριμένα, εκτός από τον απλό χρήστη υπάρχουν, ο χρήστης που ενημερώνει τα μετα-δεδομένα και ο χρήστης που ενημερώνει τους πίνακες ελέγχου ποιότητας τιμών.

Η μεταπτυχιακή διατριβή χωρίζεται σε τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αρχικά, γίνεται μια προσέγγιση της ωκεανογραφίας και δίνεται ένας ορισμός της. Στη συνέχεια, περιγράφεται αναλυτικά η επιχειρησιακή ωκεανογραφία, οι τεχνολογίες επιχειρησιακής παρακολούθησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος και τέλος γίνεται αναφορά στα ωκεανογραφικά πληροφοριακά συστήματα και στον τρόπο συλλογής, αποστολής, επεξεργασίας, διαχείρισης και διάδοσης των δεδομένων των αυτόνομων μετρητικών σταθμών. Το δεύτερο κεφάλαιο πραγματεύεται τα σύγχρονα πληροφοριακά συστήματα και πιο συγκεκριμένα γίνεται μελέτη της αρχιτεκτονικής SOA και των επιμέρους τεχνολογιών υλοποίησης, όπως οι υπηρεσίες ιστού και η τεχνολογία ESB. Επίσης, αναφέρονται κάποια βασικά στοιχεία γύρω από τις βάσεις δεδομένων και περιγράφεται το πρότυπο NetCDF που χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές ωκεανογραφίας. Το τρίτο κεφάλαιο περιστρέφεται γύρω από τις απαιτήσεις ασφαλείας των πληροφοριακών συστημάτων σε επίπεδο εφαρμογής και σε επίπεδο βάσης δεδομένων. Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση και ο σχεδιασμός του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ. Αρχικά, περιγράφεται το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ στην πρώτη φάση λειτουργίας του (V1.0) και στη συνέχεια αναλύονται οι τεχνολογίες και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την αναβάθμιση και βελτίωση του οι οποίες το οδήγησαν τελικά στη σημερινή του μορφή (V2.0).

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>5</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>6</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	<b>8</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>12</b>
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	12
1.2 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ .....	13
1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ .....	17
1.3.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ .....	18
1.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ .....	20
1.4 ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	29
1.4.1 ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	29
1.4.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	31
1.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	32
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ</b> .....	<b>34</b>
2.1 MULTI-TIER ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ .....	36
2.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΕΝΗ ΣΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ (SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE).....	39
2.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ.....	44
2.3.1 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΙΣΤΟΥ .....	45
2.3.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ESB.....	48
2.3.3 ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	51
2.3.4 NETCDF (NETWORK COMMON DATA FORM).....	55
2.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	57
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>60</b>
3.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ .....	60
3.2 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	61
3.2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΙΑΣ .....	61
3.2.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ.....	65
3.2.3 ΑΣΦΑΛΕΙΑ XML.....	68
3.2.4 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΙΣΤΟΥ .....	71
3.3 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	73
3.3.1 ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΧΡΗΣΤΩΝ.....	74
3.3.2 ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ .....	75
3.3.3 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΟΨΕΩΝ .....	76
3.3.4 ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	76
3.3.5 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΝΑΝΤΙ ΕΠΙΘΕΣΕΩΝ ΕΓΧΥΣΗΣ SQL.....	77
3.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΣΕΙΔΩΝ</b> .....	<b>80</b>
4.1 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΣΕΙΔΩΝ.....	80



4.2 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΣΕΙΔΩΝ V1.0.....	81
4.2.1 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	83
4.2.2 ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	84
4.2.3 ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΠΥΛΗΣ.....	86
4.2.4 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ.....	86
4.3 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΣΕΙΔΩΝ V2.0.....	87
4.3.1 ΕΠΙΠΕΔΟ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	89
4.3.2 ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	95
4.3.3 ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΠΥΛΗΣ.....	96
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>99</b>

**ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ**

Εικόνα 1.1: Η κλασική μέθοδος συλλογής δεδομένων στην ωκεανογραφία .....	14
Εικόνα 1.2: Αριθμός αναφορών που αφορούν τον καιρό στη θάλασσα που αποστέλλονται σε ετήσια βάση και καταχωρούνται στο International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set, για την περίοδο 1936 μέχρι 2005 ( <a href="http://icoads.noaa.gov">http://icoads.noaa.gov</a> ) .....	16
Εικόνα 1.5: Επιχειρησιακή Ωκεανογραφία – Αυτόνομοι καταγραφικοί σταθμοί (GOOS – Global Ocean Observing System Poster).....	17
Εικόνα 1.6: Seawatch Buoy (Furgo Oceanor, <a href="http://www.oceanor.no/systems/seawatch/buoys-and-sensor/Seawatch">http://www.oceanor.no/systems/seawatch/buoys-and-sensor/Seawatch</a> ) .....	21
Εικόνα 1.7: Τυπικός κύκλος μέτρησης ενός ARGO float (JAMSTEC, <a href="http://www.jamstec.go.jp/e/about/equipment/observe/seawater.html">http://www.jamstec.go.jp/e/about/equipment/observe/seawater.html</a> ) .....	22
Εικόνα 1.8: Argo Float (Seabird.com, <a href="http://www.seabird.com/technical_references/ontcospotlightmarch08.htm">http://www.seabird.com/technical_references/ontcospotlightmarch08.htm</a> ) .....	22
Εικόνα 1.9: Σύγκριση των κατακόρυφων προφίλ θερμοκρασίας και αλατότητας πριν και μετά την χρήση των argo floats (προσωπική επικοινωνία με S. Rouliquen, επικεφαλής του συστήματος Coriolis, που αποτελεί τον ευρωπαϊκό πόλο συλλογής δεδομένων από τους πλωτήρες αυτού του τύπου - <a href="http://www.coriolis.eu.org">http://www.coriolis.eu.org</a> ) ....	23
Εικόνα 1.10: Αριθμός και γεωγραφική κατανομή των ARGO floats σε όλο τον κόσμο (Σεπτέμβριος 2012, <a href="http://www.argo.ucsd.edu/">http://www.argo.ucsd.edu/</a> ).....	24
Εικόνα 1.11: Οβίδες XBT και εκτοξευτήρες κινητοί και σταθεροί ( <a href="http://www.sippican.com">http://www.sippican.com</a> ).....	25
Εικόνα 1.12: Το σύστημα Ferry-Box ( <a href="http://www.myocean.eu/web/41-in-situ.php">http://www.myocean.eu/web/41-in-situ.php</a> ) .....	26
Εικόνα 1.13: Δορυφορική εικόνα ATSR-2 για τον Δεκέμβριο του 2000 ( <a href="http://www.atrs.rl.ac.uk">www.atrs.rl.ac.uk</a> ) .....	27
Εικόνα 1.14: Το AUV Autosub του SOC ( <a href="http://www.noc.soton.ac.uk/nmf/usl_index.php">http://www.noc.soton.ac.uk/nmf/usl_index.php</a> ).....	28
Εικόνα 2.1: Στοιχεία της δομής της αρχιτεκτονικής SOA. (Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services, 2004, σελ. 25).....	42
Εικόνα 2.2: Τεχνολογίες της δομής της αρχιτεκτονικής SOA. (Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services, 2004, σελ. 25) .....	43
Εικόνα 4.1: Δείκτης ποιότητας τιμών. Στιγμιότυπο της βάσης δεδομένων. ....	95
Εικόνα 4.3: Γράφημα που παρουσιάζει το σημαντικό και το μέγιστο ύψος κύματος στον Άθω.....	97

**ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

Σχήμα 1.1: Συλλογή και αποστολή δεδομένων από πλωτούς σημαντήρες .....	30
Σχήμα 2.1: Απαιτήσεις της αρχιτεκτονικής των σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων.....	34
Σχήμα 2.2: Αρχιτεκτονική ενός επιπέδου.....	37
Σχήμα 2.3: Αρχιτεκτονική δύο επιπέδων (πελάτη-εξυπηρετητή).....	38
Σχήμα 2.4: Αρχιτεκτονική τριών επιπέδων. ....	39
Σχήμα 2.5: Κύριοι ρόλοι σε μια αρχιτεκτονική SOA. ....	41
Σχήμα 2.6: Τεχνολογίες των υπηρεσιών ιστού. ....	46
Σχήμα 2.7: Αρχιτεκτονική του ESB .....	50
Σχήμα 2.8: Βάση Δεδομένων και Σύστημα Διαχείρισης .....	53
Σχήμα 3.1: Διαδικασία εδραίωσης επικοινωνίας πάνω από το SSL. ....	66
Σχήμα 4.1: Η αρχιτεκτονική του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ (V1.0) .....	82
Σχήμα 4.2: Η αρχιτεκτονική του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ σήμερα (V2.0).....	88

Σχήμα 4.3: Εννοιολογικός σχεδιασμός της βάσης δεδομένων. Πρώτο μέρος: Ενημέρωση της βάσης δεδομένων.....	90
Σχήμα 4.4: Εννοιολογικός σχεδιασμός της βάσης δεδομένων. Δεύτερο μέρος: Ποιοτικός έλεγχος των δεδομένων.....	92
Σχήμα 4.5: Εννοιολογικός σχεδιασμός της βάσης δεδομένων. Τρίτο μέρος: Καταχώρηση μετα-δεδομένων..	93

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Παράμετροι που υπάρχει ενδιαφέρον από πλευράς χρηστών (έρευνα του EuroGOOS, απόσπασμα πίνακα 7 του Bosman et al.).....	19
---	----

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ

### 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Η ωκεανογραφία που καλείται επίσης και ωκεανολογία ή επιστήμη της θάλασσας, είναι ο κλάδος των επιστημών της Γής (Earth Sciences) που μελετά τους ωκεανούς. Καλύπτει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, όπως θαλάσσιοι οργανισμοί και δυναμική του οικοσυστήματος, ωκεάνια ρεύματα, κύματα και γεωφυσική ρευστοδυναμική, τεκτονικές πλάκες και γεωλογία του πυθμένα της θάλασσας και τις ροές των διαφόρων χημικών ουσιών και φυσικών ιδιοτήτων μέσα στους ωκεανούς και πέρα από τα όριά τους. Αυτά τα ποικίλα θέματα αντανακλούν τις πολλαπλές επιστήμες που οι ωκεανογράφοι χρησιμοποιούν με σκοπό την εξέλιξη της γνώσης για τους ωκεανούς παγκοσμίως και την κατανόηση των διεργασιών που συντελούνται σε αυτούς. Στις επιστήμες αυτές συμπεριλαμβάνονται, η βιολογία, η χημεία, η γεωλογία, η μετεωρολογία, η φυσική και η γεωγραφία. [1]

Οι θάλασσες, ανάλογα με το βάθος τους, χωρίζονται σε δύο κύριες περιοχές: στην παράκτια υφαλοκρηπίδα με βάθη έως διακόσια μέτρα και στον βαθύ ωκεάνειο πυθμένα. Συνήθως, από τον τελευταίο διαφοροποιείται η μεσοωκεάνεια ράχη. Ο διαχωρισμός ανάμεσα στις δύο ζώνες είναι σχεδόν πάντα σαφής και αρκετά απότομος, γεγονός που ερμηνεύεται από τη θεωρία των τεκτονικών πλακών. Στη βιολογική ωκεανογραφία ο ωκεάνιος χώρος διακρίνεται σε δύο κύριες ζώνες, την επιφανειακή ζώνη που φθάνει σε βάθος μέχρι τα διακόσια με διακόσια πενήντα μέτρα όπου και φθάνουν οι ακτίνες του ήλιου, και την υπό αυτήν αβυσσαία ζώνη που περιλαμβάνει όλο το υπόλοιπο σε έκταση και βάθος τμήμα του χώρου αυτού. Επομένως, στο μεγαλύτερο μέρος της υφαλοκρηπίδας ο πυθμένας ανήκει στην επιφανειακή ζώνη. [2]

Σε αντίθεση με τις πιο παλιές έρευνες, οι σημερινές ωκεανογραφικές μελέτες γίνονται συστηματικά και προγραμματισμένα από ειδικούς φορείς, ερευνητικά κέντρα και ιδρύματα και συνήθως με τη συνεργασία πολλών χωρών, η δε ανταλλαγή των επιστημονικών σκέψεων και των τεχνολογικών επιτευγμάτων είναι ευρύτατη. Γίνεται κατανοητό, ότι η επιτυχία των ερευνών στην ωκεανογραφία, όπως και σε κάθε άλλη επιστήμη, εξαρτάται κυρίως από το κατάλληλα εξειδικευμένο επιστημονικό και τεχνικό δυναμικό, την τεχνολογική εξέλιξη και το ύψος των επενδύσεων χρημάτων. [3]

Θεωρείται λοιπόν απαραίτητο να χωριστεί η ωκεανογραφία σε ορισμένο αριθμό ειδικοτήτων, που με απλά λόγια μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε μεγάλες κατηγορίες, μέσα στις οποίες αναπτύσσονται πολλές άλλες σημαντικές και απαραίτητες υποδιαίρεσεις. Πιο συγκεκριμένα: [2, 3]

1. Στη Φυσική Ωκεανογραφία, που ασχολείται με την καταγραφή της θερμοκρασίας και αλατότητας των υδάτων, τα ρεύματα, τις παλίρροιες, τον κυματισμό και τέλος τις αμοιβαίες επιδράσεις μεταξύ της θάλασσας και της ατμόσφαιρας αφενός και της θάλασσας με το βυθό αφετέρου. Ειδικοί κλάδοι ασχολούνται με την διάδοση των ηχητικών κυμάτων, φωτός και ραδιοηλεκτρονικών κυμάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον και ο κύριος λόγος ανάπτυξής τους είναι λόγω της μεγάλης σημασίας των φαινομένων αυτών στις ναυτικές πολεμικές επιχειρήσεις.
2. Στη Χημική Ωκεανογραφία, η οποία ασχολείται κυρίως με τις χημικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού, τον εντοπισμό και την αξιοποίηση χημικών στοιχείων που υπάρχουν μέσα σε αυτό και τέλος, ελέγχει το βαθμό της χημικής ρύπανσης που σήμερα αποτελεί πραγματική μάστιγα των ανοικτών και ιδιαίτερα των κλειστών θαλασσών. Συνήθως, οι καταγραφές των χημικών χαρακτηριστικών των θαλασσίων υδάτων διεξάγονται παράλληλα με αυτές της φυσικής ωκεανογραφίας. Από τη χημική ωκεανογραφία, επίσης, μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες σχετικά με τη ρύπανση των θαλασσών από ανθρώπινες δραστηριότητες.
3. Στη Γεωλογική Ωκεανογραφία, δηλαδή τη μελέτη της γεωλογίας και ορυκτολογίας του θαλάσσιου πυθμένα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η τεκτονική γεωλογία των πυθμένων των ωκεανών και η μελέτη της ηφαιστειακής δραστηριότητας σε μεγάλα βάθη.
4. Στη Βιολογική Ωκεανογραφία ή Υδροβιολογία. Αυτή έχει αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της καθοριστικής συμβολής της στη συστηματική ωκεάνεια αλιεία, που αποτελεί πηγή πλούτου για πολλές χώρες. Ο κλάδος γνώρισε ιδιαίτερη άνθηση μετά το 1943 οπότε και επινόησε ο Ζακ Υβ

Κουστό την αυτόνομη καταδυτική συσκευή, η οποία επιτρέπει την παρακολούθηση των θαλάσσιων οργανισμών στο φυσικό τους περιβάλλον. Η επιστήμη αυτή καλύπτει ολόκληρο το χώρο που μελετά τη ζωή μέσα στις θάλασσες. Οι βιολόγοι, επομένως, μελετούν τα θαλάσσια ζώα (ιχθείς, μαλάκια κλπ.), το πλαγκτόν ζωικής και φυτικής προέλευσης και την πανίδα και χλωρίδα που ζει στο βυθό. Μια πολύ ενδιαφέρουσα, ιδιαίτερα σήμερα, υποδιαίρεση της βιολογικής ωκεανογραφίας είναι η Οικολογία που ερευνά την επίδραση του περιβάλλοντος επάνω στους οργανισμούς και αντίστροφα.

5. Στην Εφαρμοσμένη Ωκεανογραφία. Αναφερόμαστε στον σπουδαιότερο ίσως κλάδο της ωκεανογραφίας, γιατί εδώ υλοποιούνται οι θεωρητικές και πρακτικές γνώσεις που παρέχονται από τους τέσσερις παραπάνω κλάδους. Τα αντικείμενα της έρευνας της είναι: η αλιεία, η διευθέτηση των ακτών (προστασία ακτών, κατασκευή λιμένων), η μόλυνση του θαλάσσιου νερού, η φθορά και η προφύλαξη των διάφορων υλικών, η εκμετάλλευση της θαλάσσιας ενέργειας (παλίρροιες, θερμική ενέργεια) και τέλος η εκμετάλλευση του πλούτου του θαλάσσιου νερού και του βυθού, όπως είναι τα διάφορα άλατα, τα υποθαλάσσια πετρέλαια, ο ορυκτός γενικά πλούτος και άλλα. Ορισμένοι συγγραφείς ομαδοποιούν τις διάφορες εφαρμογές της ωκεανογραφίας στην επίλυση συγκεκριμένων πρακτικών προβλημάτων στην εφαρμοσμένη ωκεανογραφία. Ο κλάδος συνεχώς επεκτείνεται καθώς συνεχώς εμφανίζονται νέες εμπορικές και στρατιωτικές εφαρμογές.

Με τον ειδικότερο όρο Υδρογραφία σήμερα χαρακτηρίζεται η συστηματική εργασία που σχετίζεται με γεωδαιτικές αποτυπώσεις, βαθυμετρήσεις και μετρήσεις παλίρροιών και ρευμάτων με έμφαση στην παραγωγή δημοσιεύσεων χρήσιμων για τη ναυσιπλοΐα. Το μεγαλύτερο μέρος των υδρογραφικών εργασιών διεξάγεται σε παράκτιες ζώνες και σε αβαθή ύδατα, τα οποία αποτελούν τα καίρια σημεία ενδιαφέροντος όσον αφορά στους κινδύνους που κρύβουν για τη ναυσιπλοΐα. [2]

Λόγω της αλόγιστης ανθρωπογενούς παρέμβασης στο φυσικό περιβάλλον και τις φυσικές διεργασίες, ειδικά στη θάλασσα και τους ωκεανούς, είναι εμφανές ότι η ωκεανογραφία αποτελεί πλέον μια από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιστήμες. Μελέτες που αφορούν όλο το φάσμα του θαλάσσιου περιβάλλοντος μπορούν να αποδώσουν σημαντικά αποτελέσματα στη προστασία της φύσης και κυρίως να επαναπροσδιορίσουν την ανθρώπινη παρέμβαση σε αυτή. [3]

## 1.2 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ

Η Επιχειρησιακή Ωκεανογραφία (Ε.Ω.) έχει σκοπό την ανάπτυξη μεθόδων και συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης, πρόγνωσης και πληροφόρησης για τις συνθήκες που επικρατούν στο θαλάσσιο περιβάλλον. Ο όρος συνθήκες χρησιμοποιείται με την ευρύτερη δυνατή έννοια, μια και περιλαμβάνει τις μετεωρολογικές συνθήκες, τα ρεύματα, τον κυματισμό, τα υδρολογικά χαρακτηριστικά αλλά και τις βιο-χημικές παραμέτρους που καθορίζουν την υγεία του οικοσυστήματος. Ο όρος παρακολούθηση είναι επίσης γενικότερος από την έννοια μέτρηση-παρατήρηση και περιλαμβάνει και την αριθμητική προσομοίωση με την αξιοποίηση μετρήσεων (διάγνωση - nowcast). Ο όρος πρόγνωση (forecast) αναφέρεται στην περιγραφή των μελλοντικών συνθηκών με την χρήση κατάλληλων αριθμητικών μοντέλων. Ο όρος πληροφόρηση αναφέρεται στην παραγωγή και διάθεση προϊόντων προσαρμοσμένων στις ανάγκες του τελικού χρήστη σε βάση συνεχή ή για περιόδους που απαιτεί η εκάστοτε εφαρμογή. [4]

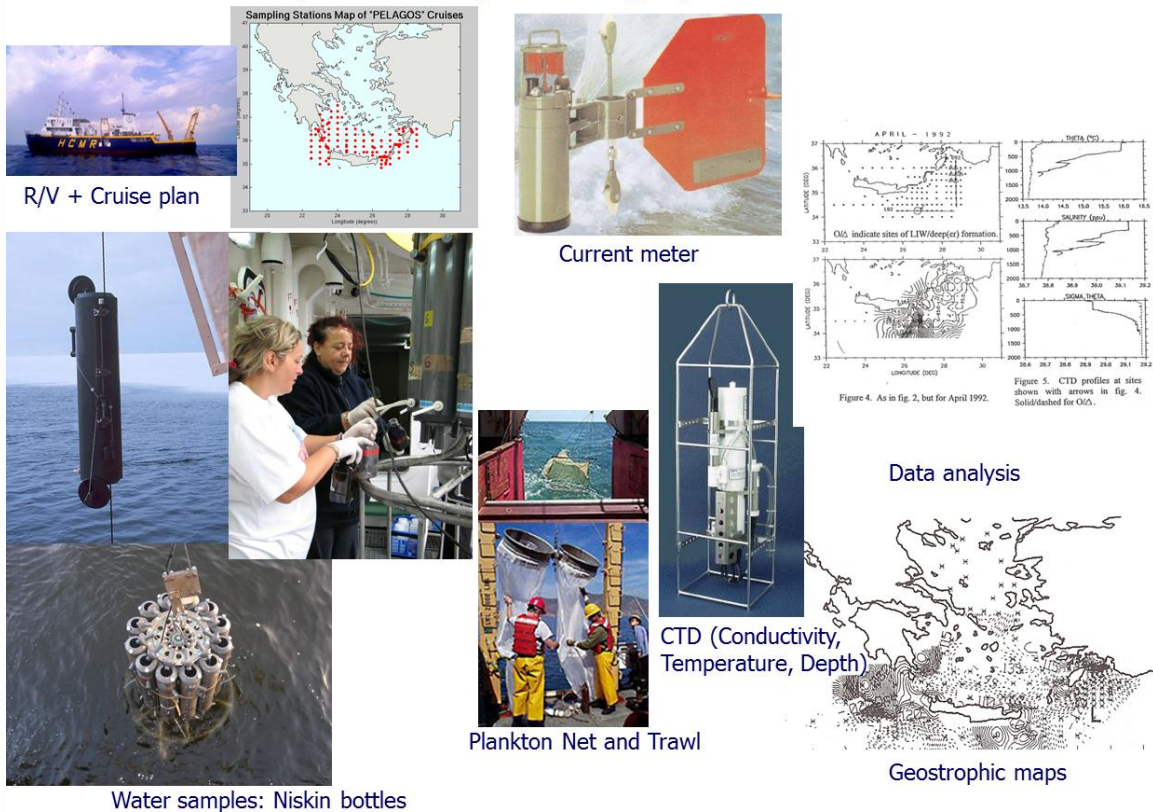
Ουσιαστικά λοιπόν η Ε.Ω. είναι ο πλέον εφαρμοσμένος κλάδος των Θαλάσσιων Επιστημών καθώς κάνει χρήση των αποτελεσμάτων της έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης στον τομέα αυτό για να παράγει αποτελέσματα για τον εκάστοτε χρήστη. Είναι ο κλάδος που ολοκληρώνει και συνθέτει την επιμέρους γνώση που συχνά έχει αποκτηθεί μέσα από δεκαετίες ερευνών σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή ένα συγκεκριμένο αντικείμενο. Καθώς ένα βασικό ζητούμενο από την Ε.Ω. είναι η λεπτομερής περιγραφή και πρόγνωση των συνθηκών σε μια συγκεκριμένη θαλάσσια περιοχή, είναι αναγκαίο να υπάρχει η καλύτερη δυνατή κατανόηση της φαινομενολογίας της: ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος, ποιοι είναι οι κυρίαρχοι μηχανισμοί μεταβλητότητας, ποια εξωτερικά αίτια το επηρεάζουν και ποιες είναι οι βασικές χωρικές και χρονικές κλίμακες μεταβλητότητας. [4]

Η μέτρηση ενός μεγέθους στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι μια διαδικασία ιδιαίτερα δύσκολη. Βασικό πρόβλημα είναι οι αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες που καταπονούν τα όργανα και σε πολλές περιπτώσεις

αλλοιώνουν τις μετρήσεις. Ένα επιπλέον πρόβλημα είναι η απόσταση ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μετρήσεις στην ανοιχτή θάλασσα / ωκεανό που πρέπει να γίνουν επί τόπου (in situ). Η τεχνολογία που χρειάζεται για να ξεπεραστούν τα προβλήματα αυτά, αυξάνει σημαντικά το κόστος ανά μέτρηση προσθέτοντας ένα ακόμα σημαντικό εμπόδιο. Αυτός είναι και ο λόγος που οι μετρήσεις που έχουμε για το θαλάσσιο περιβάλλον, και κατά συνέπεια αυτά που ξέρουμε για αυτό, είναι πολύ λίγα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα οικοσυστήματα του πλανήτη μας. [4]

Ο μοναδικός τρόπος μέτρησης θαλασσιών παραμέτρων μέχρι πριν από κάποια χρόνια ήταν κατά τη διάρκεια μικρών (παράκτιων) ή μεγαλύτερων (ανοιχτής θάλασσας) ωκεανογραφικών αποστολών. Εξαιρέση αποτελούσαν οι μετρήσεις θαλάσσιας στάθμης που μπορούσαν να γίνουν με όργανα προσαρμοσμένα σε παράκτιες κατασκευές ή οι εργαστηριακές αναλύσεις δειγμάτων που είχαν συλλεγεί από την παράκτια ζώνη. Κατά τη διάρκεια ενός ωκεανογραφικού ταξιδιού, το σκάφος επισκέπτεται την περιοχή ενδιαφέροντος και κάνει μετρήσεις, είτε με καταγραφικά όργανα είτε με ανάλυση δειγμάτων που παίρνει από την περιοχή (στην εικόνα 1.1 φαίνεται ένα δίχτυ συλλογής φυτοπλαγκτού). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται σε διαφορετικές θέσεις (σταθμούς) και έχουμε στο τέλος μια συνολική εικόνα της περιοχής (Εικόνα 1.1).

### Standard (traditional) oceanographic measurements



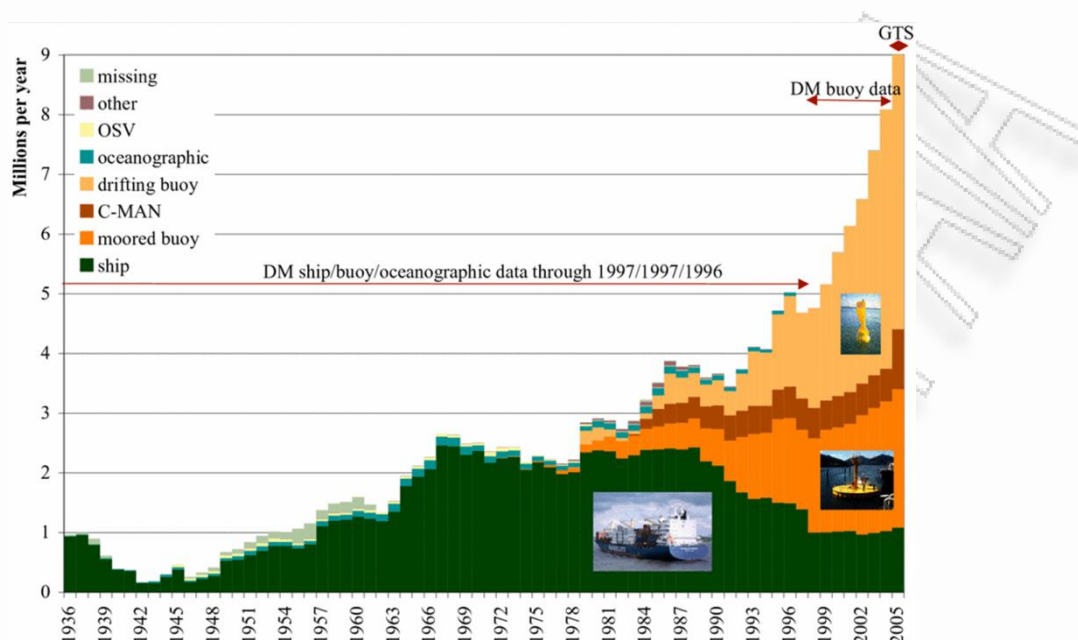
**Εικόνα 1.1: Η κλασική μέθοδος συλλογής δεδομένων στην ωκεανογραφία**

Η παραπάνω διαδικασία που και σήμερα αποτελεί βασικό εργαλείο λεπτομερούς καταγραφής και εξερεύνησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος, έχει το βασικό μειονέκτημα ότι δίνει πληροφορίες για μία και μόνο χρονική στιγμή και μάλιστα με καθυστέρηση αρκετών, κατά κανόνα, ημερών. Τα δεδομένα αυτά είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την κατανόηση μηχανισμών και την παρακολούθηση αργών μεταβολών (π.χ. κλιματικών) του θαλάσσιου συστήματος, δεν μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση των

ευμετάβλητων επιφανειακών στρωμάτων και των αβαθών παράκτιων περιοχών. Για το σκοπό αυτό χρειάζονται αυτόνομα όργανα που να μπορούν να συλλέγουν πληροφορίες σε τακτά χρονικά διαστήματα και να τις μεταδίδουν σε σχεδόν πραγματικό χρόνο στους ενδιαφερόμενους αποδέκτες. Ένα ιδεατό ολοκληρωμένο σύστημα Ε.Ω. έχει τη δυνατότητα να συλλέγει συνεχώς δεδομένα από προεπιλεγμένες περιοχές, να μεταδίδει τα δεδομένα αυτά στο επιχειρησιακό κέντρο όπου γίνεται η ανάλυση τους, να αξιοποιεί τα δεδομένα από αριθμητικά μοντέλα για την παραγωγή προγνώσεων και να μεταδίδει τις πρωτογενείς ή επεξεργασμένες πληροφορίες στους τελικούς χρήστες. Είναι λοιπόν εμφανές ότι η δυνατότητα μέτρησης και η δυνατότητα μετάδοσης της πληροφορίας αποτελούν τις βάσεις ενός τέτοιου συστήματος και ο τομέας όπου επικεντρώνεται η θαλάσσια τεχνολογία τα τελευταία χρόνια. Για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου χρησιμοποιούνται τα τελευταία επιτεύγματα της τεχνολογικής προόδου σε πολλαπλούς τομείς με αποτέλεσμα η Ε.Ω. να αποτελεί από μόνη της ένα τομέα αναπτυσσόμενης υψηλής τεχνολογίας.

Τα πρώτα βήματα της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας πραγματοποιήθηκαν με την εγκατάσταση των πρώτων σταθερών πλωτήρων (buoys) με δυνατότητα αυτόματης καταγραφής και αποστολής δεδομένων το 1985 κατά μήκος του ισημερινού στον Ειρηνικό ωκεανό, στα πλαίσια του διεθνούς προγράμματος TOGA (Tropical Ocean Global Atmosphere) [5]. Ο στόχος ήταν η συστηματική καταγραφή των θαλασσίων και ατμοσφαιρικών παραμέτρων στην περιοχή του Ειρηνικού ωκεανού με στόχο την κατανόηση του φαινομένου ENSO (El Nino Southern Oscillation) το οποίο είναι ένα φαινόμενο πλανητικής κλίμακας που επηρεάζει μια τεράστια περιοχή από τις δυτικές ακτές της αμερικανικής ηπείρου μέχρι την Αυστραλία, τις ανατολικές ακτές της Ασίας, την Ινδία και τις ακτές της Νότιας Αφρικής [6]. Το 1994 ολοκληρώθηκε η εγκατάσταση μιας συστοιχίας εβδομήντα σταθμών στην περιοχή του Ειρηνικού που πήρε το όνομα TAO (Tropical Atmosphere Ocean) Array, η οποία έχει προσφέρει πολύτιμα δεδομένα στην κατανόηση του φαινομένου και έχει βοηθήσει στην προσπάθεια πρόγνωσης του ώστε να περιοριστούν οι σημαντικές οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί [5]. Από τα μέσα της δεκαετίας του ενενήντα, η χρήση αυτόνομων σταθμών μέτρησης αρχίζει να γίνεται συστηματικότερη επεκτείνοντας τις δυνατότητες παρακολούθησης του θαλασσίου περιβάλλοντος με συστηματικές παρατηρήσεις και διεύρυνση της γεωγραφικής κάλυψης που θα μπορούσαν να προσφέρουν οι συμβατικοί τρόποι μέτρησης. Το μεγάλο πλεονέκτημα των αυτόνομων μετρητικών σταθμών σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους συλλογής δεδομένων είναι η συνεχής και συστηματική λήψη δεδομένων σε οποιοδήποτε συνθήκες. Ο όρος “οποιοσδήποτε συνθήκες” περιλαμβάνει και τις ακραίες καιρικές συνθήκες (ισχυροί ή θυελλώδεις άνεμοι) κατά τις οποίες δεν μπορούν να ληφθούν δεδομένα με τον παραδοσιακό τρόπο που απαιτεί την επιτόπου μετάβαση με τη χρήση σκάφους. Η χρήση αυτόνομων σταθμών μέτρησης, συμπληρώνει ένα κενό που συστηματικά υπήρχε στην ωκεανογραφία με την μη διαθεσιμότητα στοιχείων κατά την διάρκεια των κακοκαιριών. Σήμερα, με τη χρήση σειράς αυτόνομων σταθμών μέτρησης λαμβάνονται πολύ περισσότερα δεδομένα από ότι στο πρόσφατο παρελθόν τα οποία καλύπτουν και πολύ μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές. Στην εικόνα 1.2, φαίνεται η κατακόρυφη αύξηση του όγκου των δεδομένων που λαμβάνονται σε ετήσια βάση και αφορούν τον θαλάσσιο «καιρό» (ατμοσφαιρικά και θαλάσσια επιφανειακά δεδομένα) που οφείλεται στη εκτεταμένη χρήση των αυτόνομων σταθμών ιδιαίτερα από το 2000 και την εισαγωγή των επιφανειακά παρασυρόμενων πλωτήρων (surface drifters), όσο και η σημαντική μείωση που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στα δεδομένα που λαμβάνονται από σκάφη οποιουδήποτε τύπου.





**Εικόνα 1.2: Αριθμός αναφορών που αφορούν τον καιρό στη θάλασσα που αποστέλλονται σε ετήσια βάση και καταχωρούνται στο International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set, για την περίοδο 1936 μέχρι 2005 (<http://icoads.noaa.gov>)**

Στα βασικά πλεονεκτήματα της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας εντάσσεται η χρήση μετρητικών σταθμών, οι οποίοι μπορούν να καταγράφουν δεδομένα χωρίς παρακολούθηση, με αυτόνομο τρόπο και να τα αποστέλλουν στα κέντρα συλλογής δεδομένων, παρακολουθώντας με αυτό τον τρόπο σε συστηματική βάση το θαλάσσιο περιβάλλον. Με λίγα λόγια, η επιχειρησιακή ωκεανογραφία αποτελεί ένα ιδιαίτερα δυναμικό κλάδο της ωκεανογραφίας καθώς η χρήση αυτόνομων οργάνων καταγραφής είναι ολοένα και αυξανόμενη. Όπως είναι προφανές, η πόντιση ενός αυτόνομου καταγραφικού οργάνου σε κάποιο σημείο ανοιχτά στη θάλασσα αφενός αυξάνει το κόστος του συγκεκριμένου οργάνου και αφετέρου το εκθέτει σε πάρα πολλούς κινδύνους. Παρά το γεγονός ότι τα όργανα αυτά είναι πολύ ακριβά, αν τελικά μπορούσε κανείς να συγκρίνει τον όγκο των δεδομένων που συλλέγουν συστηματικά σε ετήσια βάση, με τα αντίστοιχα δεδομένα που μπορούσε κανείς να συλλέξει με τον συμβατικό τρόπο από ένα καράβι, το κόστος στην τελευταία περίπτωση θα ήταν τελικά πολύ μεγαλύτερο. Για να δώσουμε μια αίσθηση μεγέθους του κόστους, για να κινηθεί για μια μέρα το ωκεανογραφικό σκάφος του ΕΛΚΕΘΕ στο Αιγαίο έχει ένα κόστος μόνο για την κίνηση του γύρω στις δέκα χιλιάδες ευρώ την ημέρα. Επομένως, για να συλλέξει για παράδειγμα, μετρήσεις σε μια περιοχή στο Αιγαίο όπως είναι το Κρητικό πέλαγος, μία φορά το μήνα, χρειάζεται ουσιαστικά τρεις μέρες, δηλαδή τριάντα έξι μέρες το χρόνο πλεύσιμες. Άρα, χρειάζονται τριακόσιες εξήντα χιλιάδες ευρώ μόνο για την κίνηση του πλοίου προκειμένου να πάρει κανείς δεδομένα μια φορά το μήνα από ένα συγκεκριμένο σημείο. Με την αναφορά αυτού του παραδείγματος μπορεί να γίνει αντιληπτή η τάξη μεγέθους εξοικονόμησης που συντελείται με την χρήση αυτόνομων σταθμών μέτρησης οι οποίοι, αν και έχουν ένα σχετικά υψηλό κόστος αγοράς, με βάση τη συστηματική συλλογή δεδομένων που πραγματοποιούν σε μεγάλα χρονικά διαστήματα είναι τελικά πολύ οικονομικότεροι σε σύγκριση με τα συμβατικά μέσα. Ένας σταθερός σταθμός μέτρησης πλήρως εξοπλισμένος με μεγάλο αριθμό αισθητήρων κοστίζει γύρω στις διακόσιες πενήντα χιλιάδες ευρώ και για να συντηρηθεί χρειάζεται, μέσα σε ένα χρόνο, άλλες τριάντα με σαράντα χιλιάδες ευρώ. Άρα, με συγκρίσιμο κόστος, έχουμε στοιχεία για όλο το χρόνο από ένα σημείο σε συστηματική βάση κάθε τρεις ώρες (8 μετρήσεις/ημέρα X 365 ημέρες = 2920 μετρήσεις), τη στιγμή που η συλλογή των μετρήσεων με το πλοίο θα κόστιζε τριακόσιες εξήντα χιλιάδες ευρώ και θα έδινε μετρήσεις μια φορά το μήνα (12 μετρήσεις).



Υπάρχουν πάρα πολλές πλατφόρμες πλέον που καταγράφουν πολλές διαφορετικές παραμέτρους και υπάρχει μια τάση να φτιαχτούν κι άλλες. Έτσι, όσο αυξάνονται οι πλατφόρμες, τόσο μειώνονται τα συμβατικά μέσα. Η εισαγωγή των διαφόρων ειδών σταθμών μέτρησης αλλάζει σταδιακά τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η ωκεανογραφία καθώς αποκτά μια ιδιαίτερα δυναμική τεχνολογική συνιστώσα που αφορά τη συλλογή, επεξεργασία και αποστολή δεδομένων και απαιτεί πλέον και τη συμβολή από άλλες ειδικότητες, κυρίως μηχανικών τηλεπικοινωνίας, οι οποίοι σχεδιάζουν το σύστημα τηλεπικοινωνίας, και βέβαια των μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων, οι οποίοι σχεδιάζουν τη λήψη των δεδομένων, την επεξεργασία τους, την ταξινόμησή τους σε βάσεις δεδομένων και τη διάδοσή τους. Επομένως, η επιχειρησιακή ωκεανογραφία είναι μία πολυσχιδής δραστηριότητα, στην οποία είναι απαραίτητη η συμβολή διαφόρων επιστημών και αρκετά εξειδικευμένου προσωπικού το οποίο πρέπει να απασχολείται σε συστηματική βάση. Στην εικόνα 1.5 βλέπουμε μια σχηματική αναπαράσταση των διάφορων αυτόνομων μετρητικών σταθμών που χρησιμοποιούνται σήμερα, και στους οποίους θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στη συνέχεια.



Εικόνα 1.5: Επιχειρησιακή Ωκεανογραφία – Αυτόνομοι καταγραφικοί σταθμοί (GOOS – Global Ocean Observing System Poster)

### 1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ο συμβατικός τρόπος λήψης των δεδομένων δεν έχει αντικατασταθεί πλήρως από την επιχειρησιακή ωκεανογραφία για ποικίλους λόγους. Είναι προφανές ότι οι αυτόνομοι καταγραφικοί σταθμοί που είναι διαθέσιμοι σήμερα, δεν έχουν την δυνατότητα καταγραφής όλων των παραμέτρων του θαλασσιού περιβάλλοντος των οποίων υπάρχει η ανάγκη καταγραφής. Στην πραγματικότητα μεγάλος αριθμός, κυρίως βιογεωχημικών, παραμέτρων, δεν μπορεί να καταγραφεί σήμερα από αυτόνομα συστήματα μέτρησης καθώς η απαραίτητη τεχνολογία δεν είναι διαθέσιμη. Για παράδειγμα, δεν είναι εφικτό ακόμα να γίνεται αυτόνομα ο προσδιορισμός των νιτρικών και των θρεπτικών αλάτων από ένα σταθμό που είναι μέσα στον ωκεανό λόγω του ότι χρειάζονται κάποια χημικά διαλύματα. Επιπλέον, το σύνολο σχεδόν των γεωλογικών παρατηρήσεων (καταγραφές ρηγμάτων, σεισμικές έρευνες) απαιτούν τη χρήση σκάφους για την ολοκλήρωσή τους. Παρόλα αυτά, η πρόοδος που έχει γίνει είναι τεράστια και τα αυτόνομα όργανα καταγραφής μπορούν σήμερα να μετρήσουν αξιόπιστα ένα σημαντικό αριθμό παραμέτρων σε όλη την θαλάσσια στήλη. Η πρόοδος είναι συνεχής, τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά και η τεχνολογική ανάπτυξη προβλέπεται να δώσει στο μέλλον

τη δυνατότητα παρακολούθησης περισσότερων παραμέτρων με μεγαλύτερη ακρίβεια και μικρότερο κόστος. Νέες τεχνολογίες που έρχονται από τον χώρο της μικροηλεκτρονικής, της ναυοτεχνολογίας και της βιοτεχνολογίας αναμένεται να αλλάξουν σύντομα την σημερινή μορφή των αισθητήρων μέτρησης στο θαλάσσιο περιβάλλον. [4]

Στη συνέχεια του κεφαλαίου περιγράφονται τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά των κυριότερων συστημάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα για επιχειρησιακή παρακολούθηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Δίνεται περισσότερο βάρος σε συστήματα που χρησιμοποιούνται σε παράκτιες περιοχές και περιφερειακές θάλασσες, όπως το Αιγαίο και η Μεσόγειος, ενώ για συστήματα που χρησιμοποιούνται ευρύτερα από την Ωκεανογραφία, όπως η δορυφορική τηλεσκοπική, τα στοιχεία που δίνονται είναι εισαγωγικά ή μάλλον συμπληρωματικά μιας πιο λεπτομερούς περιγραφής που είναι απαραίτητη για μελετητές του θαλάσσιου περιβάλλοντος. [4]

### 1.3.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

Το θαλάσσιο περιβάλλον είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο δυναμικό σύστημα και για την ολοκληρωμένη μελέτη του απαιτείται η μέτρηση / παρακολούθηση πολλών παραμέτρων. Η Ε.Ω. ενδιαφέρεται κατά κύριο λόγο για τις παραμέτρους του θαλάσσιου οικοσυστήματος που επηρεάζουν τις ανθρώπινες δραστηριότητες, και επομένως υπάρχει ανάγκη να επικεντρωθεί η έρευνα σε συγκεκριμένες παραμέτρους και αντίστοιχους μηχανισμούς. Ο παρακάτω πίνακας 1.1 προέρχεται από έρευνα του EuroGOOS (Bosman et al., 1998) και περιγράφει τις θαλάσσιες παραμέτρους για τις οποίες υπάρχει ενδιαφέρον επιχειρησιακής παρακολούθησης. Στον πίνακα συνοψίζονται οι απαντήσεις σχετικού ερωτηματολογίου που δόθηκε σε πολλές εταιρείες – οργανισμούς της Ευρώπης που δραστηριοποιούνται στον τομέα της θάλασσας. Βάσει των διακοσίων είκοσι περίπου απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο αυτό, υπάρχει μια πληθώρα παραμέτρων του θαλάσσιου περιβάλλοντος για τις οποίες οι υποψήφιοι αυτοί “χρήστες” της Ε.Ω. θα ήθελαν να έχουν δεδομένα ή επεξεργάσιμες πληροφορίες. [4]

Variable Number	Sector	Variable Name	Number of responses
001	Surface fields	Sea surface temperature	30
003	Surface fields	Current Velocity	15
016	Sea Surface topography	Hourly mean sea level/Instantaneous	14
097	Biogeochemical	Chlorophyll & Fluorescence	13
011	Surface fields	Wave height	13
079	Sea Bed	Bathymetry	11
008	Surface fields	Sea surface salinity/CTD	11
027	Upper Layer Fields	Upper ocean salinity	11
012	Surface fields	Wave period	10
004	Surface fields	Current Direction	9
100	Biogeochemical	Oxygen	8
118	Biogeochemical	Suspended sediments	7
071	Deep Ocean	CTD sections	6
121	Optics	Transmissivity	6

152	Meteorological	Wind speed	6
151	Meteorological	Atmospheric pressure	5
009	Surface fields	Wave spectrum	5
153	Meteorological	Wind direction	5
155	Meteorological	Air temperature	4
010	Surface fields	Wave direction spectrum	4
072	Deep Ocean	Deep ocean salinity	3
098	Biogeochemical	Nitrate	3
099	Biogeochemical	Phosphate	3
101	Biogeochemical	Silicate	3
126	Acoustics	Sound velocity profiles	3
081	Sea Bed	Surface sediments	3
103	Biogeochemical	Biological pigments	2
073	Deep Ocean	Deep ocean storage	2
075	Deep Ocean	Deep ocean water storage	2

**Πίνακας 1.1: Παράμετροι που υπάρχει ενδιαφέρον από πλευράς χρηστών (έρευνα του EuroGOOS, απόσπασμα πίνακα 7 του Bosman et al.)**

Ψηλά στη λίστα βλέπουμε ότι βρίσκονται επιφανειακές παράμετροι όπως η επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας, το επιφανειακό ρεύμα, η ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης κλπ. Παρατηρούμε επομένως ότι ενώ τα επιφανειακά στρώματα της θάλασσας αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνολικού όγκου των ωκεανών, αποτελούν ταυτόχρονα το σημείο που εστιάζεται το ενδιαφέρον των χρηστών μιας και είναι η κύρια περιοχή των δραστηριοτήτων τους. Τα βαθύτερα στρώματα των ωκεανών απασχολούν δύο μικρότερες αλλά πολύ ισχυρές ομάδες χρηστών: τις εταιρείες εξόρυξης πετρελαίου και τις στρατιωτικές υπηρεσίες. Οι πρώτες ενδιαφέρονται κυρίως για την ταχύτητα και την διεύθυνση των ρευμάτων τα οποία επηρεάζουν τις διαδικασίες γεώτρησης και οι δεύτερες για τα προφίλ θερμοκρασίας και αλατότητας από όπου υπολογίζονται ταχύτητες και πορείες διάδοσης ήχου, δεδομένα χρήσιμα για ανθυποβρυχιακό πόλεμο. [4]

Τις πρώτες θέσεις τις λίστας καταλαμβάνουν οι λεγόμενες “φυσικές” παράμετροι, θερμοκρασία, ταχύτητα και διεύθυνση ρεύματος, ανύψωση θαλάσσιας στάθμης κλπ. Οι παράμετροι αυτοί αποτελούν κατά κάποιο τρόπο την πρώτη πληροφορία που χρειαζόμαστε για τη μελέτη ενός θαλάσσιου οικοσυστήματος μιας και αυτές με τη σειρά τους επηρεάζουν τις υπόλοιπες (χημικές, βιολογικές, γεωλογικές) παραμέτρους. Ταυτόχρονα όμως παρουσιάζουν ενδιαφέρον και γιατί σχετίζονται με θέματα ασφαλείας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι το ύψος κύματος που σχετίζεται με την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, η ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης που σχετίζεται με την ασφάλεια των παράκτιων περιοχών και η ταχύτητα του ρεύματος που σχετίζεται με την ασφάλεια των υποθαλάσσιων κατασκευών. Οι χάρτες επιφανειακής θερμοκρασίας, η οποία βρίσκεται στην κορυφή της λίστας, είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι για τον γρήγορο εντοπισμό ρευμάτων και γενικότερα δομών της θαλάσσιας κυκλοφορίας. [4]

Ένα ενδιαφέρον γεγονός είναι ότι στην τέταρτη μόλις θέση βρίσκεται η χλωροφύλλη, μια παράμετρος η οποία χρησιμοποιείται για την μέτρηση των επιπέδων ευτροφισμού μιας περιοχής. Τα τελευταία χρόνια το πρόβλημα του υπέρ-ευτροφισμού απασχολεί όλο και περισσότερο τις παράκτιες περιοχές που απειλούνται από τα toxic algae blooms ή ερυθρές παλίρροιες (Anderson, 1994). Άλλες παράμετροι της λίστας που σχετίζονται

με την υγεία του οικοσυστήματος είναι το διαλυμένο οξυγόνο, που βοηθάει στον εντοπισμό περιπτώσεων ανοξικών συνθηκών, και οι συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων (Nitrate, Phosphate, Silicate), που επιτρέπουν να χαρακτηριστεί η παραγωγικότητα μιας περιοχής και οι μηχανισμοί πιθανούς ευτροφισμού. [4]

Μέσα από την παραπάνω λίστα τίθενται, κατά κάποιο τρόπο, και οι προτεραιότητες της Ε.Ω. μιας και είναι ένας κλάδος εφαρμοσμένης έρευνας που έχει σκοπό να εξυπηρετήσει τον “άνθρωπο χρήστη”. Επομένως, οι τεχνολογίες και μεθοδολογίες μέτρησης και πρόγνωσης που αναπτύσσονται έχουν σαν στόχο να αυξήσουν τη διαθεσιμότητα και ποιότητα των δεδομένων και προγνώσεων για τις παραμέτρους του πίνακα αυτού. Εννοείται ότι δεν εστιάζεται κάθε φορά το ενδιαφέρον στις ίδιες ομάδες παραμέτρων μιας και κάθε εφαρμογή της Ε.Ω. λαμβάνει υπόψη της τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής όπου αναπτύσσεται και τις ανάγκες των τοπικών χρηστών. Για παράδειγμα, οι παλιρροιακές μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης είναι πολύ μικρές στη Μεσόγειο θάλασσα και έτσι η αντίστοιχη παράμετρος (ανύψωση θαλάσσιας στάθμης) αποτελεί χαμηλή προτεραιότητα για την περιοχή μας, ενώ είναι ιδιαίτερα σημαντική για άλλες περιοχές της υδρογείου. Πέρα από τις παραμέτρους για τις οποίες υπάρχει άμεσο ενδιαφέρον από τους χρήστες, υπάρχουν και αυτές που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη δευτερογενών προϊόντων. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό των ροών θερμότητας και νερού στην διεπιφάνεια θάλασσας – ατμόσφαιρας. Οι ροές αυτές χρησιμοποιούνται από τα υδροδυναμικά μοντέλα που με τη σειρά τους παράγουν τα πεδία ρευμάτων και θερμοκρασίας, μεγέθη δηλαδή που ενδιαφέρουν ιδιαίτερα τον τελικό χρήστη. Τέλος, ακόμα ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μέτρηση της “ενεργούς για φωτοσύνθεση ακτινοβολίας” (Photosynthetically Active Radiation - PAR). Το συγκεκριμένο μέγεθος παρόλο που δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον σαν πρωτογενής παράμετρος, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την εφαρμογή οικολογικών μοντέλων που με τη σειρά τους παράγουν μεγέθη ιδιαίτερα χρήσιμα για τον τελικό χρήστη, όπως συγκέντρωση χλωροφύλλης, διαλυμένο οξυγόνο κλπ. (Baretta et al., 1995). [4]

### 1.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικότερα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται σήμερα επιχειρησιακά μαζί με τις μεθόδους που εφαρμόζονται:

- **Πλωτοί μετρητικοί σταθμοί (buoys)**

Οι πλωτοί μετρητικοί σταθμοί (buoys) είναι ίσως από τις πρώτες τεχνολογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις πραγματικού χρόνου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Είναι αυτόνομοι πλωτήρες οι οποίοι βρίσκονται αγκυροβολημένοι σε κάποιο σταθερό σημείο στη θάλασσα. Οι πρώτες τους εφαρμογές ήταν για τη μέτρηση μετεωρολογικών κυρίως παραμέτρων. Παρόλο που οι περισσότεροι σταθμοί εξακολουθούν να μετρούν επιφανειακές κυρίως παραμέτρους (μετεωρολογικά και κυματικά δεδομένα), υπάρχουν πολλά νέα παραδείγματα για μετρήσεις εξειδικευμένων παραμέτρων ή για μετρήσεις σε μεγάλα βάθη. Οι αντίστοιχες εφαρμογές τους έχουν επεκταθεί από την μετεωρολογική και κυματική πρόγνωση σε παρακολούθηση κλιματικών αλλαγών, πρόγνωση γενικής κυκλοφορίας και υδρολογίας, βαθμονόμηση δορυφορικών μετρήσεων κ.α. Μπορούν να φέρουν διαφόρων ειδών αισθητήρες μέτρησης που είναι προσαρμοσμένοι είτε πάνω στον πλωτήρα ή στη γραμμή αγκύρωσης. Για την παροχή ενέργειας συνήθως χρησιμοποιείται συνδυασμός επαναφορτιζόμενων μπαταριών και ηλιακών κυψελών. Στην εικόνα 1.6 φαίνεται ένας σταθμός τύπου SeaWatch, τους οποίους χρησιμοποιεί και το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ.



**Εικόνα 1.6: Seawatch Buoy (Furgo Oceanor, <http://www.oceanor.no/systems/seawatch/buoys-and-sensor/Seawatch>)**

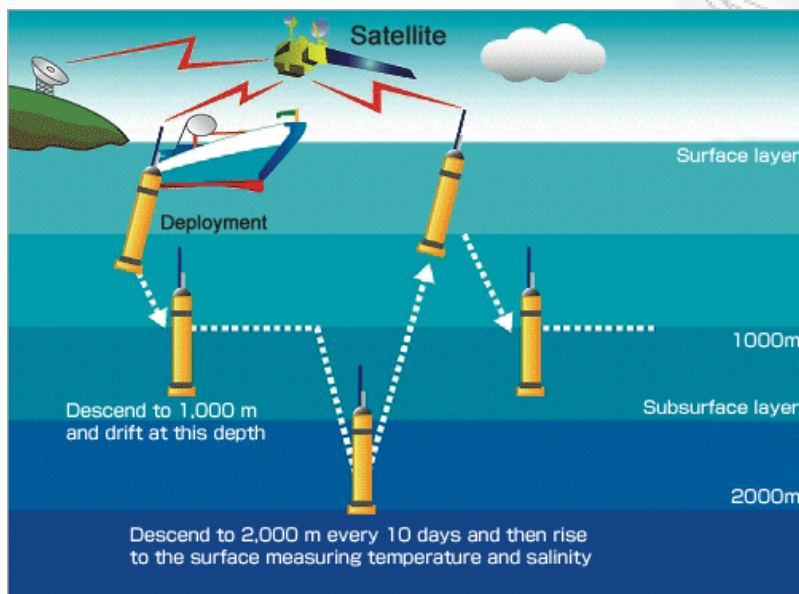
Παρόλο που οι πλατφόρμες αυτές αποτελούν μια σχετικά ώριμη τεχνολογία, υπάρχει συνεχής πρόοδος στους τομείς ενέργειας, επεξεργασίας και μετάδοσης δεδομένων, αισθητήρων κ.α. που βελτιώνουν σημαντικά τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες τους. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι μπορούν να ποντιστούν στις πιο απομακρυσμένες περιοχές του ωκεανού, προσφέροντας μια πλατφόρμα για πολλαπλές παρατηρήσεις, που καταγράφει συστηματικά δεδομένα, με μεγάλη ενεργειακή αυτονομία. Επίσης, το γεγονός σε αντίθεση με άλλου είδους πλατφόρμες, όπως είναι τα gliders και τα argo floats, μπορούν να φέρουν αισθητήρες για πολλές και διαφορετικές παραμέτρους και να παίρνουν μετρήσεις στην επιφάνεια της θάλασσας καθιστά τα buoys απαραίτητα για την Ε.Ω. Συνοψίζοντας, θα λέγαμε ότι οι πλωτοί μετρητικοί σταθμοί είναι από τις πλέον ώριμες τεχνολογίες επιχειρησιακής παρακολούθησης αλλά υπάρχουν ακόμα σημαντικά προβλήματα και αντίστοιχοι τομείς βελτίωσης. Η συχνή συντήρηση των σταθμών είναι αναγκαία για να λυθούν προβλήματα ενέργειας και ποιότητας δεδομένων, αλλά και απρόβλεπτα τεχνικά προβλήματα (π.χ. αστοχία υλικού). Εκτός από τον προσεκτικό καθαρισμό για την αφαίρεση της βιο-απόθεσης (bio-fouling), δηλαδή της απόθεσης φυτοπλαγκτού και της ανάπτυξης οργανισμών στους αισθητήρες που είναι για μεγάλο βαθμό στο θαλάσσιο περιβάλλον, οι επισκέψεις συντήρησης είναι απαραίτητες και για την επαναβαθμονόμηση των αισθητήρων. Με την πάροδο του χρόνου και με τον καθαρισμό τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων μπορεί να αλλάξουν και για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η τακτική βαθμονόμησή τους είτε από την κατασκευάστρια εταιρεία είτε επιτόπου είτε σε εργαστήρια βαθμονόμησης που υπάρχουν σε όλα σχεδόν τα ερευνητικά κέντρα που χρησιμοποιούν πλατφόρμες επιχειρησιακής ωκεανογραφίας. Τέλος, τα προβλήματα ασφάλειας των μετρητικών σταθμών από ατυχήματα ή βανδαλισμούς καθώς και το μεγάλο κόστος συντήρησής τους είναι περιοριστικοί παράγοντες που όμως δεν εμποδίζουν καθοριστικά την εξέλιξη των συστημάτων αυτών. [4]

- **Παρασυρόμενοι μετρητικοί σταθμοί**

Οι παρασυρόμενοι επιφανειακοί και υπο-επιφανειακοί πλωτήρες (drifters ή drifting floats) είναι επίσης μια σχετικά παλιά τεχνολογία η οποία όμως έχει εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια έχοντας αποκτήσει τη δυνατότητα μέτρησης όχι μόνο του πεδίου ρευμάτων αλλά και των υδρολογικών χαρακτηριστικών της θαλάσσιας στήλης. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου είδους πλωτήρων, που τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ευρύτατα, είναι τα ARGO floats. Το πρώτο ARGO float τέθηκε σε επιχειρησιακή λειτουργία το 2001, οπότε μιλάμε για μόλις έντεκα ετών τεχνολογία. Πρόκειται ουσιαστικά για παρασυρόμενους σταθμούς μέτρησης που κινούνται σε προκαθορισμένα βάθη. Αφού κινηθούν για πέντε με δέκα ημέρες στο συγκεκριμένο βάθος (περίπου στα 1000 με 2000μ) παρασυρόμενοι από το ρεύμα στο βάθος αυτό, ανεβαίνουν στην επιφάνεια για να μεταδώσουν τη νέα τους θέση (Εικόνα 1.7). Κατά τη διάρκεια της ανόδου τους συλλέγουν υδρολογικά δεδομένα θερμοκρασίας και αλατότητας (υπάρχει δυνατότητα και για πρόσθετους αισθητήρες π.χ. οξυγόνου) για όλη την στήλη και μεταδίδουν δορυφορικά τα δεδομένα αυτά κατά την παραμονή τους στην επιφάνεια. Έτσι, πέρα από την ταχύτητα και διεύθυνση του ρεύματος, έχουμε



και πολύτιμες πληροφορίες για την κατακόρυφη δομή. Αφού μεταδώσει τα δεδομένα, ο σταθμός βυθίζεται ξανά και ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται συνεχώς για τέσσερα με πέντε χρόνια που είναι η διάρκεια ζωής ενός τέτοιου συστήματος. [4]



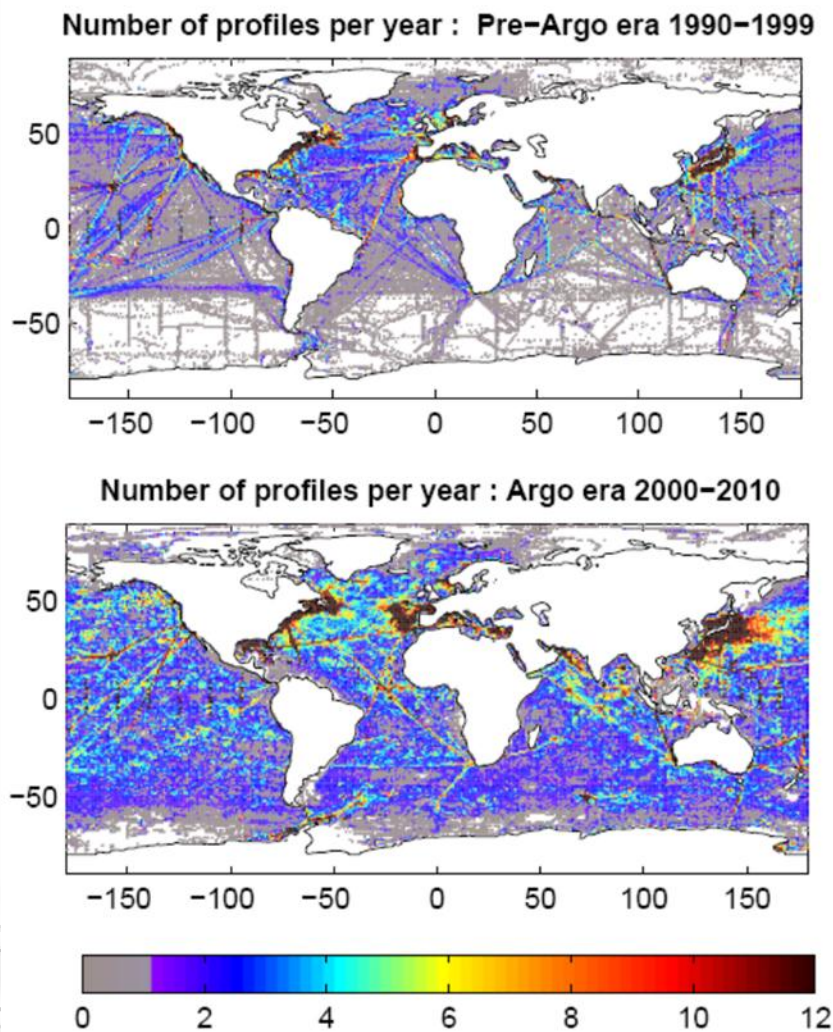
**Εικόνα 1.7:** Τυπικός κύκλος μέτρησης ενός ARGO float (JAMSTEC, <http://www.jamstec.go.jp/e/about/equipment/observe/seawater.html>)

Η πόντιση των ARGO float γίνεται από κάθε είδους πλοίο, μιας και δεν απαιτείται καμία υποδομή, ή ακόμα και από αεροπλάνα χαμηλής πτήσης. Στην εικόνα 1.8 φαίνεται το σχήμα και το μέγεθος ενός ARGO float. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται μέσα από το δορυφορικό σύστημα Argos το οποίο χρησιμοποιείται και για τον προσδιορισμό του στίγματος. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του δορυφορικού αυτού συστήματος είναι ότι χρειάζεται πομπούς χαμηλής κατανάλωσης ρεύματος. Αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για τόσο μικρά συστήματα που στηρίζονται αποκλειστικά σε μπαταρίες χωρίς να έχουν άλλες πηγές ενέργειας (όπως π.χ. τα buoys που χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια).



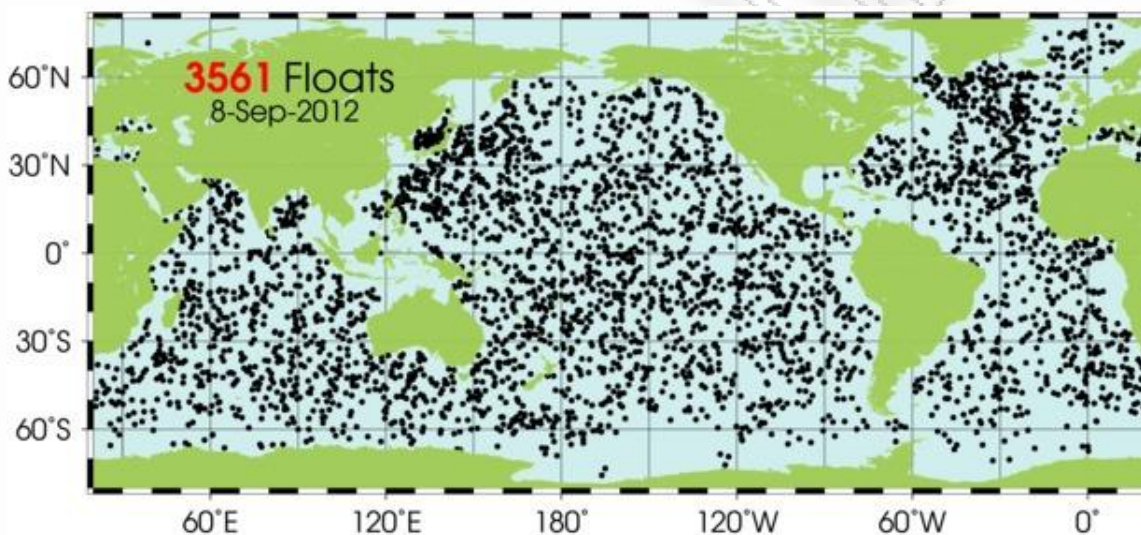
**Εικόνα 1.8:** Argo Float (Seabird.com, [http://www.seabird.com/technical\\_references/ontcospotlightmarch08.htm](http://www.seabird.com/technical_references/ontcospotlightmarch08.htm))

Το βασικό πλεονέκτημα των ARGO floats είναι το σχετικά μικρό τους κόστος που έχει υπολογιστεί σε περίπου 25.000\$ για τέσσερα χρόνια λειτουργίας συμπεριλαμβάνοντας τα λειτουργικά έξοδα (δορυφορική μετάδοση). Η συμβολή τους στην επιχειρησιακή ωκεανογραφία και στην ωκεανογραφία εν γένει είναι καθοριστική καθώς έχουν καταγράψει τα χαρακτηριστικά των ωκεανών σε τεράστια έκταση τόσο γεωγραφική όσο και χρονική και έχουν βοηθήσει να γίνει περισσότερο κατανοητή η δυναμική των ωκεανών (ocean dynamics). Στην εικόνα 1.9, φαίνεται η εκτεταμένη γεωγραφική κάλυψη που προσφέρουν πλέον οι παρασυρόμενοι πλωτήρες (argo floats) σε σύγκριση με το πρόσφατο παρελθόν. [4]



Εικόνα 1.9: Σύγκριση των κατακόρυφων προφίλ θερμοκρασίας και αλατότητας πριν και μετά την χρήση των argo floats (προσωπική επικοινωνία με S. Rouliquen, επικεφαλής του συστήματος Coriolis, που αποτελεί τον ευρωπαϊκό πόλο συλλογής δεδομένων από τους πλωτήρες αυτού του τύπου - <http://www.coriolis.eu.org>)

Το βασικό τους μειονέκτημα είναι ότι καταγράφουν μετρήσεις σε αραιά χρονικά διαστήματα. Πιο συγκεκριμένα, στον παγκόσμιο ωκεανό ανά δέκα ημέρες περίπου, ενώ στη Μεσόγειο ανά πέντε. Επομένως, είναι προφανές ότι τα ARGO floats καλύπτουν γεωγραφικά μεγάλες αποστάσεις αλλά έχουν αραιή λήψη δεδομένων. Ένα ακόμα μειονέκτημα είναι οι δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίσουν σε περιοχές με έντονο τοπογραφικό ανάγλυφο (όπως η Μεσόγειος). Σε περίπτωση που φτάσουν σε περιοχές με βάθος μικρότερο από το βάθος ισορροπίας, υπάρχει περίπτωση να εγκλωβιστούν στο σημείο αυτό πραγματοποιώντας αενάως προφίλ στην ίδια θέση. Αξίζει να αναφερθεί επίσης, ότι έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες να ενσωματωθούν στα ARGO floats και κάποιοι αισθητήρες γλωροφύλλης χωρίς ικανοποιητικά αποτελέσματα ακόμα. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί όποιος επιπλέον αισθητήρας προστίθεται σ' αυτά τα όργανα καταναλώνει ενέργεια. Επομένως, για να προστεθούν αισθητήρες θα πρέπει να αυξηθεί η παροχή ενέργειας γεγονός που μοιραία θα οδηγήσει σε προσθήκη μεγαλύτερων μπαταριών δημιουργώντας πιο ογκώδεις και πιο δυσκίνητους αυτόνομους πλωτήρες. Αυτή τη στιγμή έχουν ποντιστεί γύρω στα τρεις χιλιάδες πεντακόσια ARGO floats σε όλο τον κόσμο (Εικόνα 1.10) τα οποία είναι διάσπαρτα σε όλους τους ωκεανούς. [4]



Εικόνα 1.10: Αριθμός και γεωγραφική κατανομή των ARGO floats σε όλο τον κόσμο (Σεπτέμβριος 2012, <http://www.argo.ucsd.edu/>)

- **Πλοία εθελοντικής παρακολούθησης**

Οι συστηματικές οπτικές παρατηρήσεις από πλοία είναι ίσως η παλαιότερη μέθοδος παρακολούθησης των ωκεανών μιας και έχει ξεκινήσει από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, κυρίως σαν οπτικές παρατηρήσεις κατάστασης θάλασσας και μετεωρολογικών συνθηκών. Επειδή εκείνη την εποχή δεν υπήρχε τρόπος έγκαιρης μετάδοσης της πληροφορίας, οι παρατηρήσεις αυτές χρησίμευαν κυρίως σαν προειδοποίηση προς άλλα πλοία για ακραία καιρικά φαινόμενα. Σταδιακά, η ποιότητα των δεδομένων βελτιωνόταν και με τη βοήθεια της ασύρματης επικοινωνίας άρχισαν να αποτελούν σημαντικό κομμάτι των καθημερινών πληροφοριών προς τις Μετεωρολογικές υπηρεσίες που είναι υπεύθυνες για την πρόγνωση καιρού. Σήμερα, ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) με την Διακυβερνητική Επιτροπή Ωκεανογραφίας (IOC) συντονίζουν ένα παγκόσμιο δίκτυο συλλογής δεδομένων από Πλοία Εθελοντικής Παρακολούθησης (Voluntary Observing Ships - VOS). Ένα υποσύνολο των πλοίων που εντάσσονται στο πρόγραμμα VOS πραγματοποιεί όχι μόνο μετεωρολογικές αλλά και ωκεανογραφικές μετρήσεις, πέρα από την συνήθη μέτρηση της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας. Η βασική παράμετρος μέτρησης είναι το προφίλ θερμοκρασίας με τη χρήση αναλώσιμων βαθυθερμογράφων (expendable Bathy Thermograph -



XBT). Τελευταία χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα XCTDs που έχουν την ικανότητα να μετρήσουν και την αλατότητα έχοντας όμως σημαντικά υψηλότερο κόστος. Αρκετά διαδεδομένη είναι επίσης η χρήση συστημάτων συνεχούς καταγραφής επιφανειακών παραμέτρων (blue-boxes, continuous plankton recorders CPR κλπ.). Το XBT, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.11, είναι οβίδα μιας χρήσεως που εκτοξεύεται από το καράβι και συλλέγει δεδομένα θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της κατάδυσής της (Hanawa et al. 1995). Τα δεδομένα μεταφέρονται στο καράβι από ένα λεπτό σύρμα που στο τέλος κόβεται και χάνεται μαζί με την οβίδα. Οι οβίδες είναι σχεδιασμένες να έχουν έναν σχεδόν σταθερό ρυθμό κατάδυσης, ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός του βάθους. Το μέγιστο βάθος, το οποίο είναι ανάλογο του μοντέλου που χρησιμοποιείται, κυμαίνεται από τετρακόσια έως χίλια πεντακόσια μέτρα. Το πλεονέκτημα των μετρήσεων αυτών είναι ότι μπορούν να γίνουν χωρίς να σταματήσει το καράβι και με πολύ μικρή σχετικά υποδομή, και άρα είναι κατάλληλες για πλοία εθελοντικής παρακολούθησης. Η ρίψη των οβίδων γίνεται από σταθερούς ή φορητούς εκτοξευτήρες.[4]



Εικόνα 1.11: Οβίδες XBT και εκτοξευτήρες κινητοί και σταθεροί (<http://www.sippican.com>)

Τα δεδομένα θερμοκρασίας συλλέγονται από ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος κάνει την πρώτη επεξεργασία και στη συνέχεια μεταδίδει τα δεδομένα είτε με δορυφορικό σύστημα είτε με σύστημα κινητής τηλεφωνίας σε επίγειους σταθμούς. Από εκεί τα δεδομένα γίνονται διαθέσιμα στην διεθνή κοινότητα μέσα από το σύστημα GTS (Global Telecommunication System). Το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην πραγματοποίηση της μέτρησης και την διάθεση των δεδομένων στο GTS είναι της τάξης των εικοσιτεσσάρων ωρών έως μέγιστο επτά ημερών. Η μετάδοση αυτή θεωρείται Σχεδόν Πραγματικού Χρόνου (Near Real Time NRT) και συμπίπτει με τον συνήθη κύκλο αφομοίωσης δεδομένων σε μοντέλα παράκτιων περιοχών και ανοιχτού ωκεανού αντίστοιχα. Η συχνότητα δειγματοληψίας εξαρτάται από την περιοχή που γίνεται η μέτρηση. Στον Ατλαντικό και Ειρηνικό ωκεανό που η χωρική κλίμακα των σχηματισμών είναι σχετικά μεγάλη (η ακτίνα Rossby είναι της τάξης των 60 χλμ) η δειγματοληψία πραγματοποιείται τέσσερις φορές περίπου την ημέρα που μεταφράζεται σε περίπου ένα προφίλ ανά 150χλμ και ανά μήνα. Για την Μεσόγειο θάλασσα που οι σχηματισμοί γενικής κυκλοφορίας είναι σημαντικά μικρότεροι (ακτίνα Rossby 10-15χλμ) η δειγματοληψία γίνεται πολύ συχνότερα. Στόχος είναι να υπάρχει ένα προφίλ ανά 20χλμ και ανά δεκαπέντε περίπου ημέρες. Ένα ακόμα σύστημα που χρησιμοποιείται από πλοία εθελοντικής παρακολούθησης είναι ο θερμο-σαλινογράφος. Το σύστημα αυτό αντλεί νερό από την επιφάνεια της θάλασσας κατά τη διάρκεια κίνησης του πλοίου και δίνει συνεχείς μετρήσεις θερμοκρασίας και αλατότητας. Το σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί συστηματικά στον Τροπικό Ειρηνικό όπου είναι εγκατεστημένο και το TAO array για την παρακολούθηση του El-Nino (Hinin and Grelet, 1996). Συχνή είναι επίσης και η χρήση τέτοιων συστημάτων από ερευνητικά πλοία. Μία εξελιγμένη μορφή του παραπάνω συστήματος έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια για τη μέτρηση περισσότερων επιφανειακών παραμέτρων. Το σύστημα Blue-Box ή Ferry-Box (Εικόνα 1.12) έχει τη δυνατότητα να μετράει όχι μόνο φυσικές αλλά και βιοχημικές παραμέτρους από τα επιφανειακά στρώματα. [4]



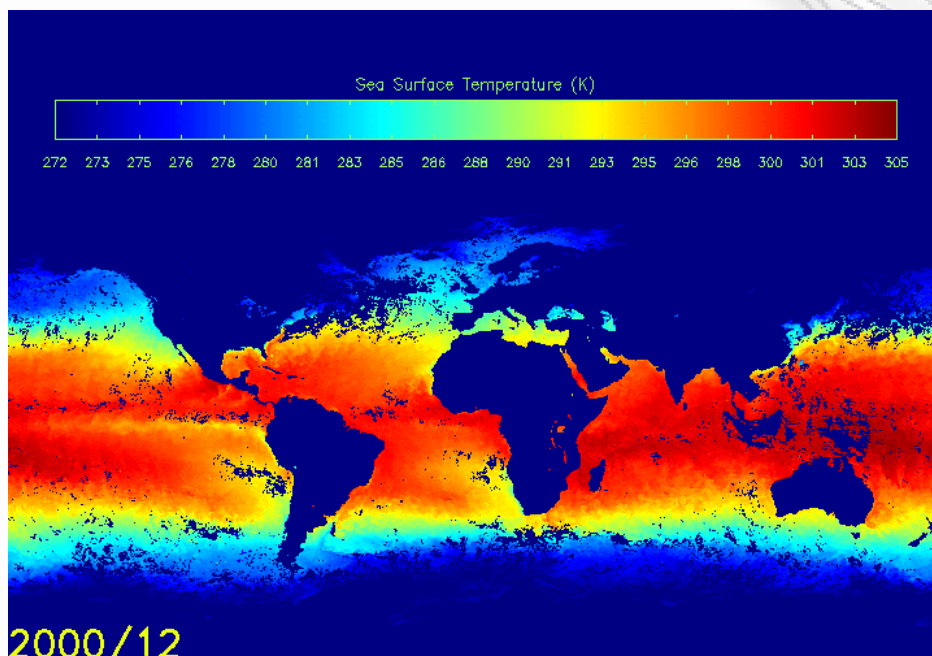
Εικόνα 1.12: Το σύστημα Ferry-Box (<http://www.myocean.eu/web/41-in-situ.php>)

Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύστημα “flow through” όπου έχουμε μια σταθερή ροή από ένα σύστημα σωληνώσεων στο οποίο είναι προσαρμοσμένοι διάφοροι αισθητήρες. Το σύστημα προσαρμόζεται στο κύκλωμα ψύξης των μηχανών του πλοίου που στηρίζεται στην συνεχή άντληση θαλασσινού νερού. Η προσαρμογή γίνεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σημείο εισόδου του νερού από τη θάλασσα ώστε να μην έχουν προλάβει να αλλοιωθούν τα χαρακτηριστικά του. Τα δεδομένα συλλέγονται από ηλεκτρονικό υπολογιστή που τα στέλνει σε επίγειο σταθμό με τη βοήθεια κινητής τηλεφωνίας όταν πρόκειται για παράκτιες διαδρομές ή δορυφορικής σύνδεσης όταν πρόκειται για ανοιχτή θάλασσα. Σε πολλές περιπτώσεις τα δεδομένα παρουσιάζονται με παραστατικά διαγράμματα στους επιβάτες του πλοίου σαν ένας τρόπος εξοικείωσης του κοινού με τις μετρήσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον και κατανόησης της αξίας τους. Το σύστημα είναι αρκετά διαδεδομένο στη Βαλτική και την Βόρειο θάλασσα όπου συμβάλλει κυρίως στην παρακολούθηση περιστατικών ευτροφισμού (algae-bloom). Στις περιοχές αυτές χρησιμοποιούνται τα Ferry-boats που κάνουν τακτικές διαδρομές σε καθημερινή βάση [4]. Στη Μεσόγειο το πρώτο Ferry-Box προστέθηκε πρόσφατα από το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών στη γραμμή Πειραιάς-Ηράκλειο. [7]

- **Δορυφορική τηλεπισκόπηση**

Η τηλεπισκόπηση είναι μια συνεχώς αναπτυσσόμενη τεχνολογία παρακολούθησης των ωκεανών. Τα δεδομένα που συλλέγουν οι δορυφόροι καλύπτουν μια μεγάλη ποικιλία χωρικών και χρονικών κλιμάκων. Είναι κατάλληλα για μελέτες σε επίπεδο υδρογείου, επιμέρους ωκεανών αλλά και σε τοπικό επίπεδο. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα δεδομένα είναι διαθέσιμα σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (με καθυστέρηση δηλαδή μερικών ωρών) ενώ σε άλλες η επεξεργασία τους απαιτεί μερικές ημέρες. Από τις πιο διαδεδομένες μετρήσεις είναι αυτές της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας (Sea Surface Temperature SST), του ανάγλυφου της θάλασσας (Sea Surface Height) αλλά και του χρώματος (ocean color) που μας δίνει την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη και αιωρούμενα σωματίδια. Οι δορυφορικές μετρήσεις SST έχουν ξεκινήσει από τα τέλη της δεκαετίας του εβδομήντα από τους μετεωρολογικούς δορυφόρους τύπου TIROS ή POES της NOAA (National Ocean Atmosphere Administration of USA). Οι δορυφόροι αυτοί εξακολουθούν να δίνουν ακόμη και σήμερα τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιώντας το όργανο AVHRR (Advanced Very High Resolution

Radiometer). Νεότερο και μεγαλύτερης ακρίβειας σύστημα μέτρησης SST είναι το ATSR του Ευρωπαϊκού δορυφόρου ERS και το σύστημα MODIS του δορυφόρου EOS-TERRA της NASA. Το ATSR (Along Track Scanning Radiometer) παίρνει μετρήσεις υπέρυθρης ακτινοβολίας κατά μήκος της τροχιάς του δορυφόρου. [4]



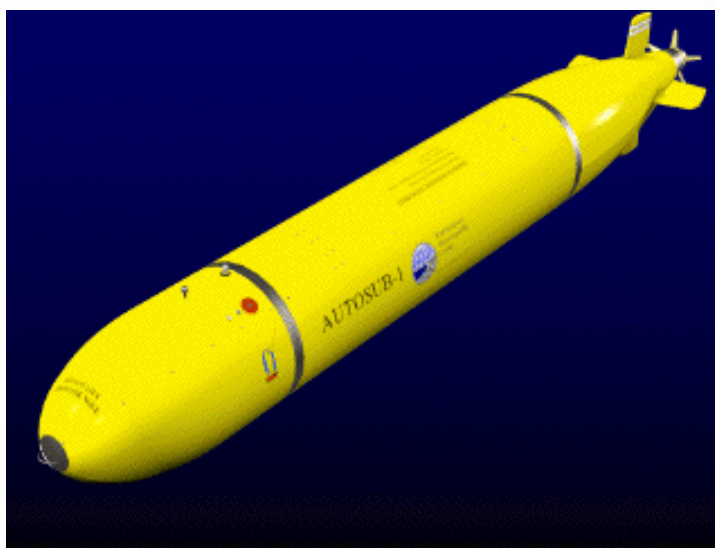
Εικόνα 1.13: Δορυφορική εικόνα ATSR-2 για τον Δεκέμβριο του 2000 ([www.atrs.rl.ac.uk](http://www.atrs.rl.ac.uk))

Οι μετρήσεις επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας έχουν μια πληθώρα εφαρμογών. Χρησιμοποιούνται σε επιχειρησιακή βάση από τα μοντέλα μετεωρολογικής πρόγνωσης προσφέροντας τις οριακές συνθήκες στη διεπιφάνεια θάλασσας – ατμόσφαιρας. Επίσης, χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση υδροδυναμικών μοντέλων γενικής κυκλοφορίας (Horton and Clifford 1999) μέσα από μεθόδους αφομοίωσης δεδομένων (data assimilation). Επιπλέον, είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για τον γρήγορο εντοπισμό σχηματισμών κυκλοφορίας και προσδιορισμό ρευμάτων με ποιοτικό τρόπο. Οι μικρές, σχετικά, ανάγκες για επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων για τον προσδιορισμό του SST κάνουν τα δεδομένα αυτά διαθέσιμα σε σχεδόν πραγματικό χρόνο κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για την Επιχειρησιακή Ωκεανογραφία. [4]

- **Αυτόνομα Υποβρύχια Οχήματα**

Τα Αυτόνομα Υποβρύχια Οχήματα (Autonomous Underwater Vehicles - AUV) άρχισαν να αναπτύσσονται για στρατιωτικούς κυρίως σκοπούς την δεκαετία του εβδομήντα αλλά τα τελευταία χρόνια υπάρχουν πολλά μοντέλα που χρησιμοποιούνται από την ερευνητική κοινότητα. Τα μικροσκοπικά αυτά υποβρύχια έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν μεγάλο αριθμό αισθητήρων και να πραγματοποιούν μετρήσεις σε περιοχές δυσπρόσιτες από άλλα μέσα (κάτω από παγόβουνα, σε έντονες τοπογραφικές ανωμαλίες κλπ.). Οι νέες τεχνολογίες αισθητήρων και μετάδοσης δεδομένων καθώς και η αύξηση της υπολογιστικής ισχύς, έχουν κάνει δυνατή την πραγματοποίηση πολύπλοκων μετρήσεων και αποστολών. Έτσι, πολλά οχήματα ενσωματώνουν συστήματα καταγραφής του βυθού και συστήματα αυτόματης πλοήγησης για αποφυγή εμποδίων. Το πιο γνωστό AUV και με τις περισσότερες αποστολές είναι το AUTOSUB (Εικόνα 1.14) του Southampton Oceanographic Center (SOC) που αναπτύχθηκε σε συνεργασία με την Chelsea Instruments (Collar and McPhail 1995). [4]





Εικόνα 1.14: Το AUV Autosub του SOC ([http://www.noc.soton.ac.uk/nmf/usl\\_index.php](http://www.noc.soton.ac.uk/nmf/usl_index.php))

Για την κίνησή του το AUTOSUB χρησιμοποιεί μπαταρίες. Επίσης, τα συστήματα πλοήγησης και ασφάλειας του περιλαμβάνουν σύστημα GPS, σύστημα ακουστικού εντοπισμού, σύστημα εκπομπής με UHF και μέσω του δορυφόρου Argos, αισθητήρα MRU-16 (Motion Reference Unit) για τον υπολογισμό των κλίσεων, αισθητήρα πίεσης για υπολογισμό του βάθους και αισθητήρα ακουστικής υψομέτρησης (echo sounder) για υπολογισμό της απόστασης από τον βυθό. Τα όργανα μέτρησης περιλαμβάνουν αισθητήρες θερμοκρασίας, αλατότητας, χλωροφύλλης-α, τύρβης και μέτρησης ρευμάτων με ADCP πάνω και κάτω από το όχημα.

Μία άλλη τεχνολογική προσέγγιση στα AUV είναι τα gliders. Τα συστήματα αυτά είναι παρόμοια με τα κλασικά οχήματα AUV αλλά δεν χρειάζονται ενέργεια για την κίνησή τους (Schmitt, 1996). Η κατάδυση και ανάδυσή τους γίνεται με αλλαγή της πλευστότητας και του κέντρου βάρους τους. Για τις περιορισμένες μηχανικές κινήσεις που χρειάζονται χρησιμοποιούν ενέργεια είτε από μικρές μπαταρίες ή από “θερμικές μηχανές” που εκμεταλλεύονται τις θερμικές αλλαγές στο βυθό. Για παράκτιες εφαρμογές οι μπαταρίες είναι καλύτερη λύση καθώς είναι απαραίτητος ο καλύτερος έλεγχος του οχήματος. Για εφαρμογές ανοιχτού ωκεανού όμως πιο κατάλληλη είναι η λύση της “θερμικής μηχανής” μιας και μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλο χρόνο αποστολής (μήνες ή και χρόνια) στο σύστημα. Για την κατάδυση του στα χίλια μέτρα βάθος το glider χρειάζεται μια οριζόντια απόσταση τεσσάρων χιλιομέτρων κινούμενο με ταχύτητα είκοσι με εικοσιπέντε cm/sec. Έτσι, για μια απόσταση (π.χ. μια δατομή ενός στενού) τριακοσίων χιλιομέτρων το glider θα κάνει περίπου σαράντα αναδύσεις / καταδύσεις και θα την καλύψει σε δεκαπέντε περίπου ημέρες. Αν η απόσταση αυτή είναι επαναλαμβανόμενη τότε μπορούμε να έχουμε σαράντα προφίλ ανάδυσης και σαράντα κατάδυσης ανά οχτώ περίπου χιλιόμετρα δύο φορές το μήνα για μια τυπική περίοδο έξι, επτά μηνών (μέσος όρος ζωής μπαταρίας). Σε παράκτιες περιοχές μπορούμε να σχεδιάσουμε μια αποστολή όπου το glider θα κάνει την ίδια διαδρομή των οχτώ χιλιομέτρων μπρος – πίσω επαναλαμβανόμενα με αποτέλεσμα να λειτουργεί σαν ένας σταθερός μετρητικός σταθμός (virtual buoy). Το βασικό τους πλεονεκτήματα είναι ότι λαμβάνουν μετρήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα σε πολλά διαφορετικά σημεία, ενώ το κύριο μειονέκτημά τους, είναι το υψηλό κόστος τους, το οποίο είναι περίπου δέκα φορές μεγαλύτερο από το κόστος ενός ARGO float. Θεωρούνται ακόμα προ-επιχειρησιακά, είναι δηλαδή ακόμα σε πειραματικό στάδιο. [4]

## 1.4 ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα ωκεανογραφικά πληροφοριακά συστήματα είναι ουσιαστικά τα κέντρα συλλογής δεδομένων από όλους τους αυτόνομους μετρητικούς σταθμούς οι οποίοι βρίσκονται στη θάλασσα. Η διαδικασία έχει ως εξής:

- Συστηματική συλλογή δεδομένων,
- Αξιολόγηση των δεδομένων που συλλέχθηκαν, όσον αφορά την αξιοπιστία τους,
- Ταξινόμηση δεδομένων, ούτως ώστε να είναι διαθέσιμα τόσο για επιστημονική χρήση όσο και για διάδοση στο κοινό και σε φορείς οι οποίοι τα χρειάζονται για τη δραστηριότητά τους στη θάλασσα, κλπ.

Το πιο διαδεδομένο ωκεανογραφικό πληροφοριακό σύστημα είναι το Coriolis Center, το οποίο λαμβάνει σε συστηματική βάση από τους τρεις χιλιάδες πεντακόσιους και πλέον σταθμούς ARGO floats όλα τα δεδομένα τα οποία αφού τα επεξεργαστεί, τα ταξινομεί και τα διαθέτει στο κοινό. Η διαδικασία πόντισης των ARGO floats χρηματοδοτήθηκε από τη Γαλλία και τις ΗΠΑ, όπου υπάρχει ένα δίδυμο κέντρο του Coriolis, το NOOA (National Oceanic and Atmospheric Administration) το οποίο βρίσκεται στην Ουάσινγκτον. Οι σταθμοί καταγραφής των δεδομένων τα στέλνουν στο πλησιέστερο γεωγραφικό κέντρο και στη συνέχεια τα δύο κέντρα ανταλλάσσουν τα στοιχεία προκειμένου τελικά το ένα να αποτελεί ακριβές αντίγραφο του άλλου.

Τα Ινστιτούτα που διαθέτουν εκτεταμένο δίκτυο επιχειρησιακής ωκεανογραφίας στη Μεσόγειο αυτή τη στιγμή είναι:

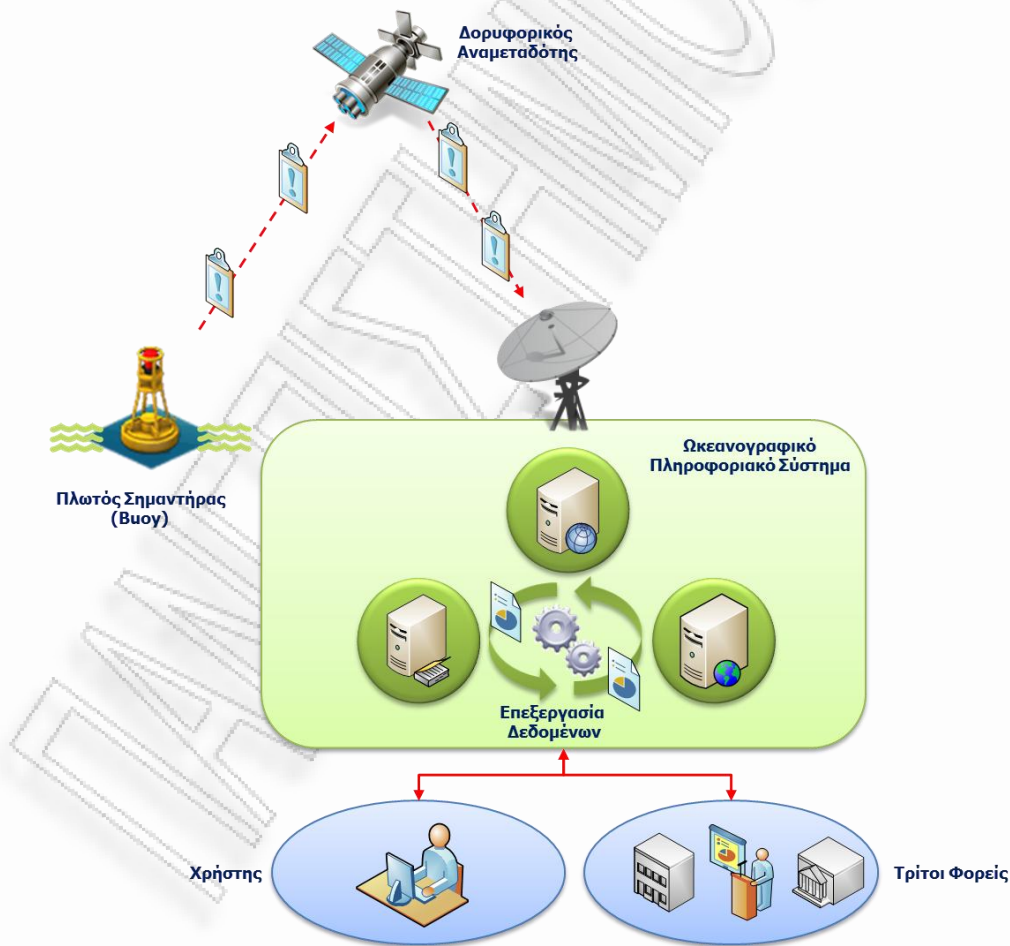
- Το IFREMER, το οποίο διαχειρίζεται το σύστημα Coriolis στη Γαλλία και τα όργανα που διαθέτει είναι κυρίως Argo floats, αλλά και gliders και buoys (<http://wwz.ifremer.fr/institut>).
- Το PUERTOS DEL ESTADO, στην Ισπανία, έχει ένα εκτεταμένο σύστημα πλωτών μετρητικών σταθμών, κυρίως buoys, στη Μεσόγειο και στον Ατλαντικό ωκεανό (<http://www.puertoes.es>).
- Το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., στην Ελλάδα, διαχειρίζεται το σύστημα Ποσειδών και αυτή τη στιγμή διαθέτει δέκα buoys και ένα σύστημα FerryBox. (<http://www.poseidon.hcmr.gr>).
- Το OGS, στην Ιταλία, διαθέτει κυρίως drifters αλλά και κάποια buoys (<http://www.ogs.trieste.it>).
- Το ISPRA, επίσης στην Ιταλία, διαθέτει πάρα πολλούς σταθμούς κατά μήκος των Ιταλικών ακτών από όπου συλλέγονται κυρίως μετεωρολογικά και κλιματικά δεδομένα.
- Το CYCOFOS, στην Κύπρο, διαθέτει έναν πλωτό μετρητικό σταθμό (buoy), τοποθετημένο στην Λεβαντίνη, δύο gliders και τέσσερις σταθμούς που μετράνε την ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης (<http://www.oceanography.ucy.ac.cy>).

### 1.4.1 ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Συνήθως τα δεδομένα συλλέγονται από έναν αυτόνομο μετρητικό σταθμό και στη συνέχεια αποστέλλονται μέσω ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος στο κέντρο συλλογής δεδομένων. Η δορυφορική επικοινωνία ήταν η πρώτη που χρησιμοποιήθηκε και είναι η πλέον αξιόπιστη αλλά και ακριβή. Λόγω της παγκόσμιας κάλυψης που παρέχουν οι δορυφόροι αποτελούν μέχρι και σήμερα τον κύριο τρόπο μετάδοσης των δεδομένων. Στη Μεσόγειο και κυρίως σε παράκτιες περιοχές χρησιμοποιείται συχνά και το δίκτυο GPRS μειώνοντας σημαντικά το κόστος επικοινωνίας. Στις περιπτώσεις αυτές η λύση του δορυφόρου επιλέγεται μόνο όταν δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας (σε περίπτωση που δεν υπάρχει κάλυψη δικτύου π.χ.) όπου τότε τα δεδομένα στέλνονται μέσω του δορυφόρου σε κάποιο επίγειο σταθμό λήψης και από εκεί μεταβιβάζονται στο κέντρο συλλογής δεδομένων. Τα τελευταία χρόνια, η χρήση του iridium δικτύου επικοινωνίας με χρήση δορυφόρων (<http://www.iridium.com>) έχει μειώσει κατά πολύ το κόστος και τον χρόνο μεταφοράς των δεδομένων αλλά η επέκτασή του είναι αργή καθώς απαιτεί διαφορετικό επικοινωνιακό εξοπλισμό.

Στη συνέχεια, γίνεται μια πιο εκτενής αναφορά στον τρόπο αποστολής των δεδομένων που στέλνουν οι σταθεροί αυτόνομοι πλωτήρες (buoys) μιας και αποτελούν αυτή τη στιγμή τα κύρια όργανα του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ, γύρω από το οποίο έχει στηθεί η παρούσα διπλωματική. Ένας από τους κατασκευαστές των buoys, οι οποίοι δεν είναι και πολλοί στην παγκόσμια αγορά, είναι η νορβηγική εταιρεία Furgo Oceanor (<http://www.oceanor.no/>), από την οποία το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών έχει προμηθευτεί δέκα αυτόνομους πλωτούς μετρητικούς σταθμούς.

Κάθε αυτόνομος σταθμός έχει μια μονάδα επεξεργασίας. Η μονάδα αυτή είναι προγραμματισμένη και ανά τακτά χρονικά διαστήματα ενεργοποιεί όλους τους αισθητήρες που έχει πάνω του ο σταθμός και τους δίνει εντολή να αρχίσουν να καταγράφουν μετρήσεις. Κάποιοι αισθητήρες ξεκινάνε και ολοκληρώνουν τις μετρήσεις τους άμεσα, ενώ κάποιοι άλλοι χρειάζονται ένα χρονικό διάστημα προκειμένου να τις ολοκληρώσουν. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες που μετράνε την ταχύτητα του ανέμου ή το κύμα καταγράφουν δεδομένα για περίπου δέκα λεπτά και στη συνέχεια υπολογίζουν τη μέση τιμή των μετρήσεων που έχουν συγκεντρώσει. Μόλις ολοκληρωθούν οι μετρήσεις από όλους τους αισθητήρες, η κεντρική μονάδα επεξεργασίας συλλέγει τα δεδομένα, απενεργοποιεί τους αισθητήρες, για να εξοικονομηθεί και ενέργεια, και στη συνέχεια τα επεξεργάζεται, τα “πακετάρει”, τα συμπιέζει, τα κρυπτογραφεί και τα αποστέλλει στο κέντρο συλλογής δεδομένων με χρήση του τηλεπικοινωνιακού συστήματος GPRS. Αν δεν υπάρχει κάλυψη δικτύου τη στιγμή της αποστολής τότε χρησιμοποιείται η δορυφορική επικοινωνία όπου τα δεδομένα αποστέλλονται στον δορυφορικό σταθμό του ΟΤΕ στις Θεσσαλονίκες και στη συνέχεια καταλήγουν στο κέντρο συλλογής δεδομένων μέσω e-mail. Το αρχείο που φτάνει, σε κάθε περίπτωση, στο κέντρο συλλογής δεδομένων είναι χαμηλής ανάλυσης (low resolution), δηλαδή οι μετρήσεις έχουν λιγότερα δεκαδικά ψηφία. Ένα αρχείο υψηλής ανάλυσης (high resolution), με όλα τα δεκαδικά ψηφία, αποθηκεύεται στην μονάδα επεξεργασίας του σταθμού και συλλέγεται στο επόμενο ταξίδι συντήρησης. Όλη η παραπάνω διαδικασία ολοκληρώνεται σε πραγματικό χρόνο και τα δεδομένα είναι πια έτοιμα προς επεξεργασία στο κέντρο συλλογής δεδομένων. Στο Σχήμα 1.1 φαίνεται ο τρόπος συλλογής και αποστολής των μετρήσεων των πλωτών σημαντήρων στο κέντρο συλλογής δεδομένων.



Σχήμα 1.1: Συλλογή και αποστολή δεδομένων από πλωτούς σημαντήρες

#### 1.4.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Αφού ο σταθμός καταγράφει τις μετρήσεις στη συνέχεια τις αποστέλλει στο κέντρο συλλογής δεδομένων. Εκεί τα δεδομένα περνάνε ένα πρώτο στάδιο επεξεργασίας ώστε να έρθουν στην κατάλληλη μορφή και ακολούθως αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων. Στη συνέχεια, και αφού γίνει και μια ανάλυση ποιότητας των μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί, τα δεδομένα γίνονται διαθέσιμα στους τελικούς χρήστες (φορείς που δραστηριοποιούνται στο θαλάσσιο περιβάλλον, οργανισμούς που έχουν την ευθύνη λήψης αποφάσεων για την διαχείριση περιστατικών στο θαλάσσιο περιβάλλον, κοινό). Όλη η παραπάνω διαδικασία ολοκληρώνεται άμεσα ώστε τα δεδομένα να είναι διαθέσιμα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Όπως σε κάθε χώρα, έτσι και στην Ελλάδα, υπάρχουν φορείς, όπως είναι η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, η Υδρογραφική Υπηρεσία και το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας, με τους οποίους το εκάστοτε Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας ή Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών έχει κάνει συμφωνία ώστε να παίρνουν τα δεδομένα μόλις αυτά είναι διαθέσιμα. Τα Ινστιτούτα που διαθέτουν σταθερούς πλωτήρες, συλλέγουν και μετεωρολογικά δεδομένα τα οποία και στέλνουν στην αντίστοιχη Μετεωρολογική Υπηρεσία η οποία με τη σειρά της τα στέλνει στο παγκόσμιο μετεωρολογικό οργανισμό WMO (World Meteorological Organization). Έτσι δημιουργούνται οι παγκόσμιοι χάρτες κατανομής του καιρού από τους οποίους προκύπτουν οι παγκόσμιες προβλέψεις και στη συνέχεια οι περιοχικές προγνώσεις καθώς και οι προγνώσεις σε τοπική κλίμακα. Αυτή είναι μία παγκόσμια διαδικασία, η οποία συντελείται σε καθημερινή βάση και για το λόγο αυτό υπάρχουν διεθνείς συμβάσεις στις οποίες συμμετέχει και η χώρα μας, ώστε τα δεδομένα που λαμβάνουν τα buoys, όσον αφορά στις μετεωρολογικές παραμέτρους, να στέλνονται στις μετεωρολογικές υπηρεσίες.

Στην συνέχεια, γίνεται μια πιο αναλυτική παρουσίαση του τρόπου επεξεργασίας και διαχείρισης των δεδομένων των buoys. Η εταιρεία που κατασκευάζει τους σταθμούς μέτρησης έχει δημιουργήσει και μια σειρά από προγράμματα τα οποία παρέχονται στους πελάτες και χρησιμοποιούνται υποχρεωτικά προκειμένου να ολοκληρωθεί ένα πρώτο στάδιο επεξεργασίας των μετρήσεων που στέλνουν οι σταθμοί στο κέντρο συλλογής δεδομένων. Παρόμοιο τρόπο λειτουργίας έχουν όλες περίπου οι κατασκευάστριες εταιρείες στον χώρο.

Πιο συγκεκριμένα, σε έναν υπολογιστή στο κέντρο συλλογής δεδομένων είναι εγκατεστημένο ένα λογισμικό το οποίο αναγνωρίζει κάθε φορά τον τύπο μετάδοσης των δεδομένων (GPRS, GSM, δορυφορικό) και αφού συλλέξει τα δεδομένα, ενημερώνει ένα αρχείο στο οποίο προστίθενται συνεχώς οι μετρήσεις όλων των αισθητήρων του buoy. Οι σταθμοί συνήθως προγραμματίζονται να στέλνουν δεδομένα ανά τρεις ώρες, οπότε το αρχείο αυτό ενημερώνεται κάθε φορά με τις νέες μετρήσεις. Το αρχείο αυτό είναι binary και έχει κατάληξη τέτοια ώστε να αναγνωρίζεται μόνο από τα λογισμικά της κατασκευάστριας εταιρείας τα οποία παρέχουν κάποιες περιορισμένες δυνατότητες οπτικοποίησης και εξαγωγής δεδομένων. Όσον αφορά την οπτικοποίηση, μπορούν να παρουσιαστούν οι μετρήσεις για μια συγκεκριμένη περίοδο με απλά γραφικά, ενώ, όσον αφορά την εξαγωγή δεδομένων, δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας ενός ASCII (American Standard Code for Information Interchange) αρχείου με τις μετρήσεις. Τέλος, σε ένα αρχείο MS Access καταχωρείται ένα σύνολο μετα-δεδομένων που ουσιαστικά συνδέουν μεταξύ τους το όνομα του αρχείου, την ημερομηνία που ξεκίνησε η πόντιση και τις παραμέτρους που μετράει ο συγκεκριμένος σταθμός.

Η πόντιση είναι μια διαδικασία που γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ανά έξι μήνες συνήθως, και έχει να κάνει με την συνήρηση των σταθμών μέτρησης οι οποίοι είναι εκτεθειμένοι σε πολύ δύσκολες καιρικές συνθήκες. Κατά τη πόντιση, η οποία γίνεται με κατάλληλα πλοία, γίνεται ανέλκυση του σταθμού, ελέγχονται και αντικαθίστανται αισθητήρες που έχουν φθαρεί ή που δεν λειτουργούν και συλλέγονται τα δεδομένα υψηλής ανάλυσης από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας. Μόλις η διαδικασία αυτή ολοκληρωθεί και ολοκληρωθούν όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι, ο σταθμός τοποθετείται ξανά στο ίδιο συνήθως σημείο από το οποίο ανεκλύστηκε για να ξεκινήσει ένας νέος κύκλος μετρήσεων. Για κάθε νέα πόντιση δημιουργείται ένα νέο αρχείο στο κέντρο συλλογής δεδομένων στο οποίο καταγράφονται συνεχώς οι μετρήσεις που στέλνει ο σταθμός. Όταν τερματιστεί αυτή η πόντιση, σταματάνε να γράφονται δεδομένα στο αρχείο.

Οι σύγχρονες απαιτήσεις στον τομέα της ωκεανογραφίας επιβάλλουν τη δημιουργία ενός πληροφοριακού συστήματος ικανού να διαχειριστεί τον όγκο των δεδομένων που παράγονται καθημερινά από τους σταθμούς μέτρησης με τέτοιο τρόπο ώστε οι μετρήσεις να είναι πάντα άμεσα διαθέσιμες στους πολίτες αλλά και στους συνεργαζόμενους φορείς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το κάθε κέντρο συλλογής δεδομένων να αναπτύσσει το δικό του πληροφοριακό σύστημα προκειμένου να οργανωθούν όσο καλύτερα γίνεται τα δεδομένα και οι πληροφορίες. Το πιο σημαντικό κομμάτι έχει να κάνει με τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων ικανής να

διαχειριστεί τον μεγάλο όγκο δεδομένων που στέλνουν τα buoy όλο το διάστημα που είναι ποντισμένα. Ο όγκος δεδομένων ποικίλλει ανάλογα με το πόσο συχνά παίρνει μετρήσεις και στέλνει δεδομένα ο σταθμός και με το πόσους αισθητήρες έχει πάνω του και σε ποια βάθη αυτοί μετράνε. Ενδεικτικά, στο σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ οι μετρήσεις στέλνονται ανά τρεις ώρες και από κάθε σταθμό λαμβάνονται από τριάντα μέχρι εκατό περίπου παράμετροι, στην περίπτωση που υπάρχουν αισθητήρες σε πολλαπλά βάθη. Επομένως, κάθε μέρα συλλέγονται οχτώ μετρήσεις για κάθε παράμετρο, δηλαδή διακόσιες σαράντα με οχτακόσιες μετρήσεις συνολικά. Άρα, αν θεωρήσουμε ότι οι επτά επιφανειακοί σταθμοί του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ στέλνουν τριάντα παραμέτρους και οι τρεις μεγαλύτεροι σταθμοί, που μετράνε και σε πολλαπλά βάθη, στέλνουν εκατό τότε καθημερινά συλλέγονται τέσσερις χιλιάδες ογδόντα μετρήσεις. Για να καταχωρηθούν τα δεδομένα που συλλέγονται από τους σταθμούς στη βάση δεδομένων χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί το ASCII αρχείο που παράγει το λογισμικό της κατασκευάστριας εταιρείας μιας και δεν δίνεται καμία άλλη πρόσβαση στα προγράμματα της. Ουσιαστικά, με το που συλλεχθούν τα δεδομένα και προστεθούν στο αρχείο της δόνησης δίνεται εντολή για εξαγωγή ενός ASCII αρχείου με όλες τις μετρήσεις ώστε αυτές να περαστούν στη βάση δεδομένων.

Η βάση δεδομένων σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε εκτός από τον μεγάλο όγκο δεδομένων που στέλνουν οι σταθμοί, να μπορεί να διαχειριστεί και τα μετα-δεδομένα. Αυτό έχει μεγάλη σημασία προκειμένου να είναι εύκολο να αναζητήσει κανείς, κάθε στιγμή, ποιος σταθμός μετράει τι και που. Η καταχώρηση των μετα-δεδομένων στη βάση δεδομένων και η σύνδεσή τους με τις μετρήσεις γίνεται με χρήση του αρχείου MS Access στο οποίο καταχωρούνται τα μετα-δεδομένα κάθε δόνησης.

Μία πολύ σημαντική διαδικασία που πρέπει να γίνεται στη βάση δεδομένων, μόλις συλλεχθούν οι μετρήσεις, είναι και ο έλεγχος ποιότητας των τιμών των δεδομένων, μιας και τα προβλήματα που παρουσιάζονται στις μετρήσεις είναι πολλά. Μπορεί να είναι προβλήματα από εξωγενείς παράγοντες, όπως η καταπόνηση των αισθητήρων από το θαλασσίνο νερό και τα άλατα, αλλά μπορεί να είναι και προβλήματα τεχνικής φύσεως, όπως δυσλειτουργίες αισθητήρων, προβλήματα στην αποστολή δεδομένων κλπ.

Η ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας γίνεται σε πραγματικό χρόνο από τη στιγμή που τα δεδομένα έχουν συγκεντρωθεί στο κέντρο συλλογής. Στη συνέχεια, τα δεδομένα είναι έτοιμα για αποστολή με αυτοματοποιημένο τρόπο στους συνεργαζόμενους φορείς και είναι και άμεσα διαθέσιμα στους πολίτες. Για όλη την παραπάνω διαδικασία συνολικά, θα μιλήσουμε και πιο αναλυτικά στη συνέχεια περιγράφοντας την ανάπτυξη που έχει γίνει στο σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ.

## 1.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

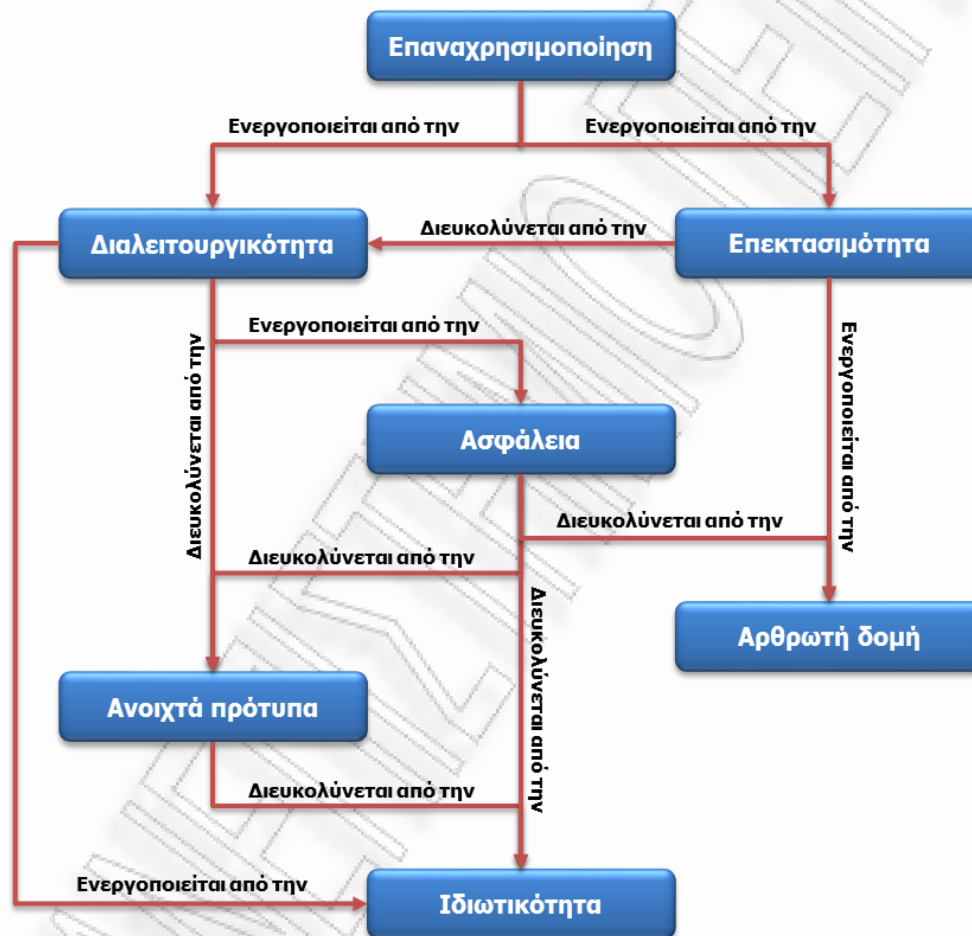
- [1] Wikipedia. *Oceanography*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://en.wikipedia.org/wiki/Oceanography>>
- [2] Wikipedia. *Ωκεανογραφία*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://el.wikipedia.org/wiki/Ωκεανογραφία>>
- [3] Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Γιαννακίδης Αλέξανδρος, Απόσπασμα από το εισαγωγικό κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας: *Σχεδίαση και μοντελοποίηση μιας βενθικής ακάτου (benthic lander) για τη μελέτη του φαινομένου της επαναιώρησης και μεταφοράς ιζημάτων στον πυθμένα της θάλασσας*, 2004
- [4] Λ. Περιβολιώτης, Κ. Νίττης, «*Επιχειρησιακή ωκεανογραφία και συστήματα παρακολούθησης του θαλασσίου περιβάλλοντος*», *Το Θαλάσσιο Περιβάλλον*, Εκδόσεις Γράμματα, ISBN 978-960-19-02-64-7, 2008.
- [5] *Tropical Atmosphere Ocean project* [online] <http://www.pmel.noaa.gov/tao/>
- [6] *The International Research Institute for Climate and Society* [online] <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/basics.html>



- [7] econews. *Ο Ποσειδώνας «αναβαθμίζεται» για την καλύτερη προστασία των θαλασσών* [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.econews.gr/2012/08/07/poseidwn-ferrybox-aneκ/>>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι θεμελιώδεις τεχνολογικές απαιτήσεις που χρειάζεται να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός σύγχρονου πληροφοριακού συστήματος. Οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί πρέπει να αντιληφθούν ότι η υιοθέτηση των επτά αρχιτεκτονικών απαιτήσεων που περιγράφονται στο σχήμα 2.1 είναι απαραίτητη για την επιτυχή και αποτελεσματική υλοποίηση ενός πληροφοριακού συστήματος που θα μπορέσει να ικανοποιήσει όλες τις ανάγκες και τις απαιτήσεις τους. Το κύριο όφελος από αυτή την υιοθέτηση είναι η χρήση αρχιτεκτονικών βασισμένων σε πρότυπα που παρέχουν εύκολα τροποποιήσιμη και επεκτάσιμη λειτουργικότητα και επανασχεδιασμένες υπηρεσίες εξασφαλίζοντας ότι οι τελικοί χρήστες θα αντιληφθούν την ποιότητα και θα εμπιστευτούν τις υπηρεσίες που παρέχονται.



Σχήμα 2.1: Απαιτήσεις της αρχιτεκτονικής των σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων.

Η ύπαρξη ισχυρών δεσμών μεταξύ των ακόλουθων απαιτήσεων αποτυπώνεται στο γεγονός ότι η ικανοποίηση μιας απαίτησης μπορεί να εξαρτάται από την ικανοποίηση μιας άλλης:

- **Αρθρωτή δομή (modularity):** Κάθε υποσύστημα ενός μεγαλύτερου συστήματος πρέπει να αποτελεί ένα αδιαίρετο κομμάτι αυτού και να εκτελεί τις λειτουργίες του ανεξάρτητα μέσα σε αυτό. Έτσι, ένα ολοκληρωμένο σύστημα θα μπορεί να αποσυνθέτει ένα λειτουργικό πρόβλημα σε μικρότερα υποπροβλήματα τα οποία συνδέονται συνήθως με μία απλή δομή και είναι τόσο ανεξάρτητα μεταξύ τους ώστε να επιτρέπουν να γίνεται η επεξεργασία του καθενός χωριστά [1]. Με αυτό τον τρόπο, το

αποτέλεσμα μιας μη φυσιολογικής κατάστασης θα μείνει περιορισμένο στο εκάστοτε υποσύστημα ή στη χειρότερη περίπτωση θα μεταδοθεί μόνο σε μερικά γειτονικά υποσυστήματα.

- **Ανοιχτά πρότυπα (Open Standards):** Μία πρωταρχική απαίτηση κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός σύγχρονου πληροφοριακού συστήματος πρέπει να είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους, όχι μόνο για την εκάστοτε υλοποίηση, αλλά και για κάθε μελλοντική βελτίωσή της. Ειδικότερα, τέτοιες εφαρμογές θα πρέπει να υιοθετούν τεχνολογίες αιχμής και παγκοσμίως αποδεκτά και ώριμα πρότυπα ώστε να συνθέτουν μια ολοκληρωμένη επιχειρησιακή εφαρμογή (Enterprise Application Integration - EAI), παρέχοντας προηγμένες ηλεκτρονικές υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας σύμφωνα με το μοντέλο εφαρμογή-ως-υπηρεσία [2].
- **Διαλειτουργικότητα (Interoperability):** Η διασύνδεση πολλών καταναμημένων και ετερογενών συστημάτων αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία που απαιτεί, να αναγνωρίζονται και να δημοσιεύονται εύκολα οι υπηρεσίες, καθώς επίσης και διεπαφές για την δημιουργία ασφαλών και αξιόπιστων σημείων πρόσβασης [3]. Η διαλειτουργικότητα μεταξύ των κύριων οντοτήτων ενός επιχειρησιακού συστήματος μεγάλης κλίμακας επιτυγχάνεται με την υιοθέτηση των υπηρεσιών ιστού (Web Services) ως πρωτόκολλο επικοινωνίας και τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών βασισμένων στην XML. Μία κύρια δυσκολία κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός σύγχρονου πληροφοριακού συστήματος είναι η εύρεση ενός καθολικού και προτυποποιημένου τρόπου διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών και εργαλείων που παρέχουν περιορισμένα επικοινωνιακά πρωτόκολλα και στερούνται επεκτασιμότητας [4]. Σε αυτές τις περιπτώσεις προτείνεται η ενσωμάτωση ενδιάμεσων επιπέδων εφαρμογής (Middleware Layers), τα οποία θα ενσωματώσουν πραγματικά διαλειτουργικούς μηχανισμούς με τη χρήση της αρχιτεκτονικής Enterprise Service Bus (ESB). Το ESB είναι αυτό που θα αναλάβει τη διαχείριση όλων των εσωτερικών και εξωτερικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαφόρων τμημάτων και επιπέδων του πληροφοριακού συστήματος επιτυγχάνοντας την επικοινωνία όλων αυτών μέσα από ένα κοινό δίαυλο ανταλλαγής μηνυμάτων.
- **Επεκτασιμότητα (Scalability and Extensibility):** Οι προηγμένες επιχειρησιακές λύσεις απαιτούν τη δημιουργία μιας εξάρτησης μεταξύ των επιχειρήσεων και των τεχνολογιών πληροφορικής με σκοπό να μπορούν οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί να διατηρούν επεκτάσιμα συστήματα που θα υποστηρίζουν τις δραστηριότητές τους αποτελεσματικά. Για το σκοπό αυτό προτείνεται η χρήση συστημάτων διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών (Business Process Management Systems - BPMS) ώστε να οργανωθεί η ενσωματωμένη λογική του συστήματος σε ξεχωριστές και εύκολα τροποποιήσιμες οντότητες. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται ένα εξαιρετικά ευέλικτο περιβάλλον αυτοματοποιημένων διαδικασιών, πλήρως ικανών να προσαρμόζονται στις αλλαγές.
- **Ασφάλεια (Security):** Κάθε σύγχρονο πληροφοριακό σύστημα πρέπει να ικανοποιεί πέντε κρίσιμες απαιτήσεις ασφαλείας [5]:
  - Αυθεντικοποίηση (Authentication)
  - Ακεραιότητα (Integrity)
  - Ιδιωτικότητα και εμπιστευτικότητα (Privacy and confidentiality)
  - Μη άρνηση της ευθύνης (Non-repudiation)
  - Διαθεσιμότητα (Availability)

Για την ικανοποίηση των απαιτήσεων ασφαλείας μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι μηχανισμοί ασφαλείας και διάφορες υπηρεσίες ασφαλείας. Οι μηχανισμοί ασφαλείας είναι ενσωματωμένοι σε ένα σύγχρονο πληροφοριακό σύστημα και ικανοποιούν κάποιες από τις απαιτήσεις ασφαλείας βασισμένοι σε συγκεκριμένες πολιτικές. Οι υπηρεσίες ασφαλείας από τη άλλη είναι ανεξάρτητες υπηρεσίες μέσα στην αρχιτεκτονική του πληροφοριακού συστήματος και είναι διαθέσιμες σε κάθε άλλη υπηρεσία του συστήματος που θέλει να ικανοποιήσει κάποια απαίτηση ασφαλείας ως μέρος μιας πολιτικής. Οι υπηρεσίες ασφαλείας ολοκληρώνουν τους μηχανισμούς ασφαλείας και μπορούν να αλληλεπιδρούν και με άλλες υπηρεσίες ασφαλείας ως μέρος της λειτουργίας τους. Οι μηχανισμοί ασφαλείας μπορούν επίσης να αλληλεπιδρούν με τις υπηρεσίες ασφαλείας για να στέλνουν και να λαμβάνουν πληροφορίες. Παρόλο που οι υπηρεσίες ιστού (Web Services) και η αρχιτεκτονική

προσανατολισμένη στις υπηρεσίες (Service Oriented Architecture - SOA) επιτρέπουν στις επιχειρήσεις και στους οργανισμούς να δημιουργήσουν διαλειτουργικές υπηρεσίες και εφαρμογές, ο αρχικός τους ορισμός δεν περιελάμβανε ένα ισχυρό, ενσωματωμένο μοντέλο ασφαλείας. Σήμερα, η ασφάλεια είναι μία από τις κυριότερες προκλήσεις κατά την ανάπτυξη σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων. Για τις απαιτήσεις ασφαλείας ειδικότερα αλλά και για την ασφάλεια πληροφοριακών συστημάτων γενικότερα θα αναφερθούμε αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

- **Ιδιωτικότητα (Privacy):** Η ιδιωτικότητα σε μαζικά διασυνδεδεμένα περιβάλλοντα και η κοινωνική αποδοχή από τους τελικούς χρήστες απαιτούν πλήρως νέες προσεγγίσεις ταυτοποίησης και διαχείρισης ιδιωτικότητας [6]. Για το σκοπό αυτό, πρέπει να υιοθετηθούν αξιόπιστες διασυνδέσεις, λαμβάνοντας υπόψη τις πολλαπλές απαιτήσεις (π.χ. ανωνυμία, ψευδωνυμία, συνδεσιμότητα / αδυναμία σύνδεσης) [7] και τους κανονισμούς προστασίας δεδομένων [8, 9] επιτρέποντας:
  - Στους τελικούς χρήστες να διαχειρίζονται και να ελέγχουν τις ταυτότητές τους, καθώς επίσης και να έχουν εύκολη πρόσβαση σε προηγμένες ηλεκτρονικές υπηρεσίες.
  - Στις κυβερνητικές οργανώσεις να εναρμονίζουν τις διαδικασίες αυθεντικοποίησης / εξουσιοδότησης, ενισχύοντας την πλειοψηφία των υποδομών τους χρησιμοποιώντας ένα σύστημα διαχείρισης ταυτοτήτων και πρόσβασης (Identity & Access Management - IAM).
- **Επαναχρησιμοποίηση (Reusability):** Οι στόχοι που κρύβονται πίσω από την επαναχρησιμοποίηση υπηρεσιών συνδέονται άμεσα με μερικούς από τους πιο στρατηγικούς στόχους της πληροφορικής προσανατολισμένης στις υπηρεσίες, οι οποίοι θα πρέπει να υποστηριχθούν σθεναρά κατά την ανάπτυξη ενός σύγχρονου πληροφοριακού συστήματος [1]. Οι στόχοι αυτοί είναι:
  - Η αύξηση της επιχειρησιακής ευελιξίας σε ένα ετερογενές τεχνολογικό περιβάλλον
  - Η σύνθεση λειτουργιών μέσα από ένα σύνθετο και ευρύ περιβάλλον διαθέσιμων υπηρεσιών
  - Δημιουργία ενός αποθετηρίου υπηρεσιών με δυνατότητα γρήγορης και αυτοματοποιημένης χρησιμοποίησής τους

Αντί να ενσωματώνει και να ανπτύσσει τη λειτουργικότητα κάθε υπηρεσίας ξεχωριστά, ένα σύγχρονο πληροφοριακό σύστημα θα πρέπει να προσφέρει προηγμένη και επαναχρησιμοποιήσιμη ασφάλεια, αποθηκευτικούς χώρους και διεπαφές υπηρεσιών ιστού σε προγραμματιστές εφαρμογών προκειμένου να αναπτύξουν, να βελτιώσουν και να εξελίξουν τη λειτουργικότητά του ώστε να μπορούν στη συνέχεια οι ίδιοι να το αξιοποιήσουν. Ο κύριος στόχος των προγραμματιστών πρέπει να είναι η αποτελεσματική σύνθεση βασικών λειτουργιών του Πληροφοριακού Συστήματος, οι οποίες θα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, κατάλληλα να παραμετροποιηθούν, και εύκολα να προσαρμοστούν σε οποιοδήποτε ηλεκτρονικό περιβάλλον παροχής υπηρεσιών.

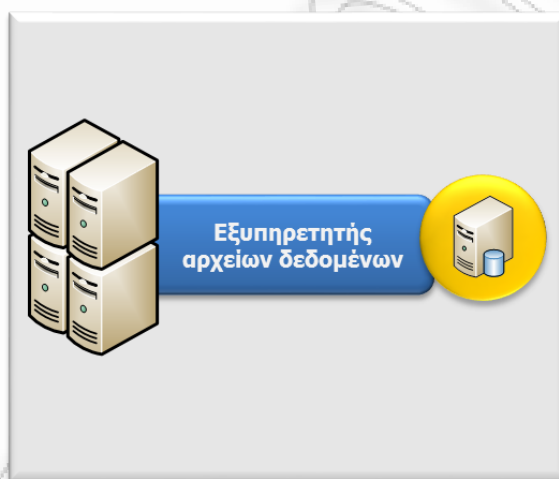
## 2.1 MULTI-TIER ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η πολύ-επίπεδη (multi-tier) αρχιτεκτονική, που συχνά αναφέρεται και σαν n-επίπεδη αρχιτεκτονική, είναι μια αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή στην οποία η παρουσίαση, η επεξεργασία και η διαχείριση των δεδομένων μιας εφαρμογής αποτελούν ξεχωριστές λογικές διαδικασίες. Για παράδειγμα, μία εφαρμογή που χρησιμοποιεί κάποιον διαμεσολαβητή μεταξύ ενός χρήστη και μιας βάσης δεδομένων προκειμένου να εξυπηρετήσει τα αιτήματα του χρήστη αποτελεί μία πολύ-επίπεδη αρχιτεκτονική. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη πολύ-επίπεδη αρχιτεκτονική είναι η αρχιτεκτονική τριών επιπέδων. [10]

Η αρχιτεκτονική n-επιπέδων παρέχει στους προγραμματιστές ένα μοντέλο που τους βοηθάει να δημιουργήσουν μία ευέλικτη και επαναχρησιμοποιήσιμη εφαρμογή. Μία εφαρμογή χωρισμένη σε επίπεδα δίνει τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να επεξεργάζονται κάθε φορά ένα συγκεκριμένο επίπεδο ή να προσθέτουν ένα καινούριο. Σε αντίθετη περίπτωση θα έπρεπε πιθανώς να ξαναγραφτεί η εφαρμογή από την αρχή. Τα επίπεδα που συνήθως υπάρχουν σε κάθε εφαρμογή είναι το επίπεδο της παρουσίασης, το επίπεδο της εφαρμογής και το επίπεδο των δεδομένων.

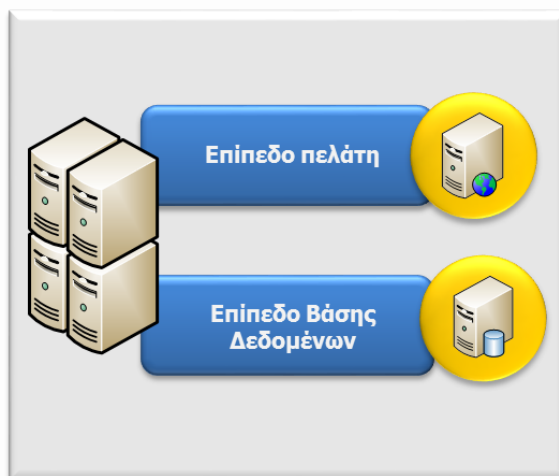
Οι έννοιες του στρώματος (layer) και του επιπέδου (tier) συχνά χρησιμοποιούνται εναλλακτικά. Ωστόσο, είναι κοινά αποδεκτό ότι υπάρχει κάποια διαφορά μεταξύ τους. Ένα στρώμα είναι ένας λογικός μηχανισμός δόμησης των στοιχείων που συνθέτουν μια εφαρμογή, ενώ ένα επίπεδο είναι ένας φυσικός μηχανισμός δόμησης της υποδομής του συστήματος. [10, 11]

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη αρχιτεκτονική είναι αυτή των τριών επιπέδων. Για να καταλάβουμε όμως το γιατί θα μιλήσουμε αρχικά για τις αρχιτεκτονικές με ένα επίπεδο και για εκείνες με δύο. Στην αρχιτεκτονική του ενός επιπέδου (Σχήμα 2.2) η πρόσβαση στο αρχείο ή στην πληροφορία που θέλει ένας χρήστης γίνεται απευθείας. Αυτό σημαίνει ότι το αρχείο πρέπει να είναι προσβάσιμο από έναν τοπικό ή απομακρυσμένο δίσκο. Αυτή είναι η πιο απλή αρχιτεκτονική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η λιγότερο ασφαλής. Από τη στιγμή που οι χρήστες έχουν απευθείας πρόσβαση στα δεδομένα, μπορούν κατά λάθος να μετακινήσουν, να αλλάξουν ή ακόμα χειρότερα να σβήσουν κάποιο αρχείο. Υπάρχει επίσης συνήθως ένα πρόβλημα όταν πολλοί χρήστες θέλουν να προσπελάσουν ένα αρχείο ταυτόχρονα γιατί σε πολλές περιπτώσεις μόνο ένας μπορεί να επεξεργαστεί το αρχείο και οι άλλοι μόνο μπορούν να το διαβάζουν. Επομένως, η αρχιτεκτονική του ενός επιπέδου είναι απλή και οικονομική, αλλά εμπεριέχει θέματα ασφαλείας και τα δεδομένα μπορεί να χαθούν αν οι χρήστες δεν λειτουργούν προσεκτικά. [12]



**Σχήμα 2.2: Αρχιτεκτονική ενός επιπέδου.**

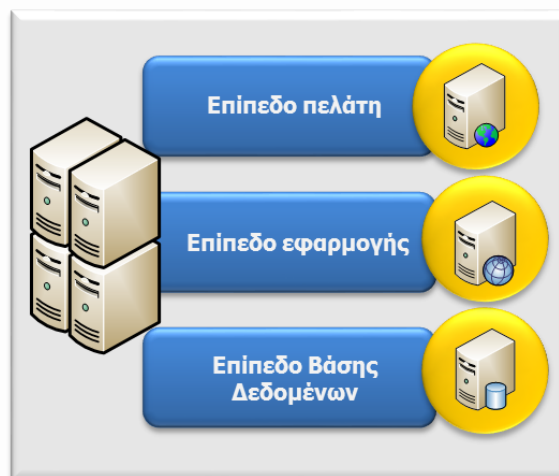
Η αρχιτεκτονική των δύο επιπέδων (Σχήμα 2.3) συχνά αποκαλείται και ως αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή εξαιτίας των δύο στοιχείων που την αποτελούν: του πελάτη που χρησιμοποιεί την εφαρμογή και του εξυπηρετητή που διαχειρίζεται την βάση δεδομένων. Ο πελάτης πρέπει κάθε φορά να επικοινωνεί πρώτα με τον εξυπηρετητή προκειμένου να πάρει κάποια πληροφορία ή κάποιο αρχείο. Αυτό σημαίνει ότι τα δεδομένα στον εξυπηρετητή είναι πιο ασφαλή καθώς οι χρήστες δεν μπορούν να τα επεξεργαστούν ή να τα διαγράψουν παρά μόνο αν έχουν τα κατάλληλα δικαιώματα. Η αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή επιτρέπει επίσης σε πολλαπλούς χρήστες να έχουν πρόσβαση στη βάση δεδομένων ταυτόχρονα αρκεί να επεξεργάζονται διαφορετικά δεδομένα. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται από τον εξυπηρετητή με αποτέλεσμα ο πελάτης να αναλαμβάνει μόνο την παρουσίαση των δεδομένων και την επιχειρησιακή λογική. Αυτό σημαίνει ότι ο πελάτης και ο εξυπηρετητής μοιράζονται το φόρτο εργασίας γεγονός που δίνει τη δυνατότητα σε περισσότερους χρήστες να επεξεργάζονται ταυτόχρονα δεδομένα. [12]



**Σχήμα 2.3: Αρχιτεκτονική δύο επιπέδων (πελάτη-εξυπηρετητή).**

Η αρχιτεκτονική τριών επιπέδων (Σχήμα 2.4) περιλαμβάνει ένα επιπλέον επίπεδο σε σχέση με την αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή, το οποίο είναι το επίπεδο της εφαρμογής ή επίπεδο υπηρεσίας ή επίπεδο επιχειρησιακής λογικής. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στην αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή ο πελάτης είναι αυτός που αναλαμβάνει την επιχειρησιακή λογική με αποτέλεσμα η επικοινωνία του με τον εξυπηρετητή να είναι και πιο συχνή και πιο απαιτητική καθώς όλα τα αιτήματα τα διαχειρίζεται το επίπεδο του πελάτη μαζί και με την παρουσίασή τους. Με την εισαγωγή όμως του μεσαίου επιπέδου της επιχειρησιακής λογικής ο πελάτης αναλαμβάνει πια μόνο το επίπεδο της παρουσίασης. Αυτό σημαίνει ότι βελτιώνεται κατά πολύ η επικοινωνία αφού την επιχειρησιακή λογική την αναλαμβάνει το μεσαίο επίπεδο. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας αρχιτεκτονικής θα μπορούσε να είναι ένας φυλλομετρητής που παρουσιάζει τα αποτελέσματα και τις πληροφορίες γρήγορα, σχεδόν χωρίς καμία καθυστέρηση. Όσο αυξάνονται οι χρήστες που χρησιμοποιούν το σύστημα μια λύση τριών επιπέδων είναι περισσότερο επεκτάσιμη καθώς μπορούν να προστεθούν, ανάλογα με τις ανάγκες, περισσότερα του ενός επίπεδα επιχειρησιακής λογικής εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την καλύτερη δυνατή απόδοση και δημιουργώντας έτσι μία *n*-επίπεδη αρχιτεκτονική. Επίσης, η αντικατάσταση κάποιου επιπέδου σε περίπτωση βλάβης ή σε περίπτωση κάποιας αναβάθμισης γίνεται πολύ πιο εύκολα. Για παράδειγμα, μία αλλαγή λειτουργικού συστήματος στο επίπεδο της παρουσίασης θα επηρεάσει μόνο αυτό το επίπεδο και κανένα άλλο. Η ασφάλεια επίσης, σε μία αρχιτεκτονική τριών επιπέδων είναι η καλύτερη δυνατή καθώς το μεσαίο επίπεδο προστατεύει το επίπεδο της βάσης δεδομένων. Το μόνο σημαντικό μειονέκτημα αυτής της αρχιτεκτονικής είναι ότι τα επιπλέον επίπεδα αυξάνουν την πολυπλοκότητα και το κόστος. [12]





**Σχήμα 2.4: Αρχιτεκτονική τριών επιπέδων.**

Με μία πρώτη ματιά, τα τρία επίπεδα μπορεί να φαίνονται παρόμοια με την αρχιτεκτονική MVC (Model-View-Controller), ωστόσο τοπολογικά είναι διαφορετικά. Ένας θεμελιώδης κανόνας σε μία αρχιτεκτονική τριών επιπέδων είναι ότι ο πελάτης δεν επικοινωνεί ποτέ απευθείας με το επίπεδο δεδομένων. Όλες οι επικοινωνίες πρέπει πρώτα να περάσουν από το μεσαίο επίπεδο. Εννοιολογικά, η αρχιτεκτονική τριών επιπέδων είναι γραμμική ενώ η αρχιτεκτονική MVC είναι τριγωνική, δηλαδή όλα τα επίπεδα μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους. [10]

Τέλος, η μεταφορά δεδομένων μεταξύ των διαφόρων επιπέδων αποτελεί κομμάτι της αρχιτεκτονικής τριών επιπέδων. Πολλά πρωτόκολλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επικοινωνία και την μεταφορά των δεδομένων μεταξύ των οποίων μπορεί να είναι τα SNMP (Simple Network Manager Protocol), CORBA (Common Object Request Broker Architecture), Java RMI (Remote Method Invocation), .NET Remoting, Windows Communication Foundation, sockets, UDP (User Datagram Protocol), web services ή κάποιο άλλο πρότυπο. Επίσης, πολύ συχνά χρησιμοποιείται κάποιος διαμεσολαβητής (middleware) όπως το ESB (Enterprise Service Bus) για τη σύνδεση των διαφόρων επιπέδων μεταξύ τους. [10]

## **2.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΕΝΗ ΣΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ (SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE)**

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για τη σύγχρονη διαχείριση των κατανεμημένων πληροφοριακών συστημάτων και για τον σχεδιασμό διαδικασιών σε επιχειρήσεις και οργανισμούς, είναι η ευελιξία (flexibility). Οι συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες της παγκόσμιας αγοράς καθιστούν την ευελιξία απαραίτητη στον σύγχρονο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό της υπολογιστικής υλικής υποδομής και του επιχειρησιακού λογισμικού. Συγχρόνως, οι διαδικασίες και τα συστήματα γίνονται ολοένα και πιο πολύπλοκα, με αποτέλεσμα, η ανάγκη για αυτοματοποίηση των διαδικασιών ενός μόνο συστήματος να έχει δώσει τη θέση της στην ανάγκη για επικοινωνία και διαλειτουργικότητα μεταξύ ετερογενών υποσυστημάτων ενός κατανεμημένου πληροφοριακού συστήματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να κρίνεται απαραίτητη η αυτονομία των συστημάτων προκειμένου να επιλύσουν προβλήματα διαχείρισης συναλλαγών, αλληλεπίδρασης (integration) εφαρμογών και θέματα ασφαλείας. Παράλληλα, επιδιώκουν την συνεργασία μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και την επικοινωνία ανεξαρτητως πρωτοκόλλων και τεχνολογικών υποδομών. Τα σύγχρονα πληροφοριακά συστήματα, όμως, πρέπει απαραίτητα να περιλαμβάνουν και άλλα δύο χαρακτηριστικά. Την συντηρησιμότητα (maintainability) και την επαναχρησιμοποίηση (reusability) πόρων και διαδικασιών προκειμένου να βελτιώνεται η ανταπόκριση του πληροφοριακού συστήματος στις μεταβολές και να αποφεύγεται η επιπλέον σπατάλη οικονομικών πόρων.

Είναι εμφανές ότι οι προϋπάρχοντες τρόποι αντιμετώπισης προβλημάτων επεκτασιμότητας (scalability) και διανομής (distribution) των επιχειρησιακών διαδικασιών με τη χρήση κεντροποιημένων λειτουργιών εναρμόνισης και ελέγχου, δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν στις σύγχρονες απαιτήσεις. Στα πλαίσια της σύγχρονης επιχειρησιακής ανάγκης για αυτονομία, ευελιξία και ικανότητα συντήρησης των επιχειρηματικών διαδικασιών και συναλλαγών προκειμένου να αποκτήσει η σύγχρονη επιχείρηση, οργανισμός στρατηγικό πλεονέκτημα και να καταφέρει να ανταπεξέλθει στις ανταγωνιστικές συνθήκες της παγκόσμιας αγοράς, κρίθηκε απαραίτητο να αναζητηθεί μια νέα αρχιτεκτονική προσέγγιση για την επικοινωνία και οργάνωση των πληροφοριακών συστημάτων – μια προσέγγιση που να αποδέχεται την ετερογένεια και να οδηγεί στην αποκεντροποίηση των διαδικασιών. [13]

Η αρχιτεκτονική προσανατολισμένη σε υπηρεσίες, Service Oriented Architecture (SOA), είναι η προσέγγιση που καλείται να υλοποιήσει τις επιδιώξεις των επιχειρήσεων και των οργανισμών και να αντιμετωπίσει τις σύγχρονες προκλήσεις, θέτοντας στο κέντρο των επιχειρησιακών διαδικασιών και συναλλαγών τις υπηρεσίες (services). Στην ουσία πρόκειται για μια αρχιτεκτονική φιλοσοφία. Μια φιλοσοφία που στοχεύει στην πραγματοποίηση και συντήρηση επιχειρησιακών διαδικασιών, ώστε να είναι δυνατή η αποδοχή και χρησιμοποίησή τους από πολύπλοκα καταναμημένα πληροφοριακά συστήματα. Άλλωστε, είναι εμφανές ότι η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική αποδέχεται την ετερογένεια και την απο-κεντροποίηση και τα καθιστά δύο κυρίαρχα στοιχεία γύρω από τα οποία αναπτύσσει τις κατευθυντήριες γραμμές της. [13]

Επομένως, μπορούμε να καταλήξουμε στα τρία βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική [14]:

- **Τις υπηρεσίες (Services).** Πρόκειται για αυτόνομες (self-contained) και καλά ορισμένες μονάδες επιχειρησιακής λειτουργικότητας.
- **Την υλική υποδομή πάνω στην οποία χτίζεται η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική.** Πρόκειται για το ESB (Enterprise Service Bus) που καθιστά δυνατή την επίτευξη της διαλειτουργικότητας και συμβάλλει στην ευφυή κατανομή και επικοινωνία των επιχειρησιακών δεδομένων και διαδικασιών μεταξύ πολλαπλών συστημάτων που χρησιμοποιούν διαφορετικές και ετερογενείς τεχνολογίες.
- **Τη χαλαρή σύζευξη (loose coupling).** Αντιπροσωπεύει την έννοια της μικρής εξάρτησης μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων και ασχολείται με τη μείωση του κινδύνου και των συνεπειών λόγω μεταβολών και ασυνεπειών των πολλαπλών υποστηρικτικών συστημάτων (backends). Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να επιτευχθεί ο στόχος για κλιμάκωση, ευελιξία και ανοχή ασυνεπειών και λαθών.

Οι υπηρεσίες σε μια αρχιτεκτονική SOA αποτελούν αυτόνομα συστατικά που επεξεργάζονται καλά ορισμένα XML μηνύματα και παρέχουν μια καλά ορισμένη διεπαφή που περιγράφεται από ένα έγγραφο XML που λέγεται WSDL (Web Services Description Language) [15]. Παρέχουν, επίσης, τελικά σημεία με τα οποία μπορούν να συνδεθούν οι χρήστες αλλά και άλλες υπηρεσίες, χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση της υπηρεσίας. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών είναι τα ακόλουθα: [16]

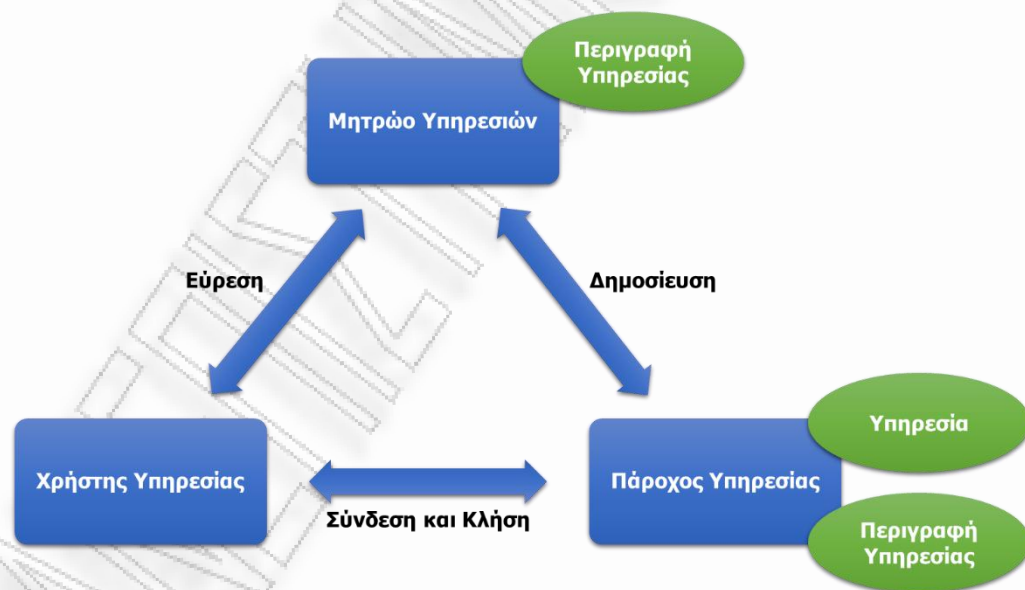
- **Αυτονομία:** Η αυτονομία είναι το χαρακτηριστικό που επιτρέπει στις υπηρεσίες να συντηρούνται, να τροποποιούνται και να εκτελούνται μεμονωμένα.
- **Αποποίηση της ευθύνης:** Οι υπηρεσίες είναι υπεύθυνες για συγκεκριμένες εργασίες ή για τη διαχείριση συγκεκριμένων πόρων.
- **Επαναχρησιμοποίηση:** Οι υπηρεσίες διαμοιράζονται και επαναχρησιμοποιούνται κατά την ανάπτυξη διαδικασιών και σύνθετων υπηρεσιών.
- **Δυναμική γνωστοποίηση:** Κατά τη σχεδιάσή τους οι υπηρεσίες μπορούν να γνωστοποιηθούν μέσω της χρήσης ενός μητρώου υπηρεσιών. Αυτό γίνεται για να μπορούν οι χρήστες των υπηρεσιών να συνδεθούν δυναμικά με τους παρόχους των υπηρεσιών κατά τη σχεδίαση.
- **Ενθυλάκωση (encapsulation):** Η ενθυλάκωση ουσιαστικά κρύβει τις εσωτερικές λεπτομέρειες της εφαρμογής και τις δομές δεδομένων από τις λειτουργίες της δημόσιας διεπαφής.
- **Χαλαρή σύνδεση (loose coupling):** Η σύνδεση αναφέρεται στην εξάρτηση μεταξύ του παρόχου και του χρήστη της υπηρεσίας. Το επίπεδο της σύνδεσης επιδρά άμεσα στην ευελιξία και επεκτασιμότητα των συστημάτων.



- **Ανεξαρτησία από την κατάσταση:** Οι υπηρεσίες είναι ανεξάρτητες από την κατάσταση στην οποία βρίσκονται γεγονός που παρέχει ευελιξία, επεκτασιμότητα και αξιοπιστία στο σύστημα.
- **Αυτο-περιγραφή:** Οι υπηρεσίες παρέχουν μια πλήρη περιγραφή της διεπαφής τους και των λειτουργιών τους.
- **Ανεξαρτησία από τη γλώσσα, την τοποθεσία και το πρωτόκολλο:** Κάθε εξουσιοδοτημένος χρήστης ή πλατφόρμα μπορεί να προσπελάσει την υπηρεσία από οποιαδήποτε τοποθεσία.
- **Χρήση πολιτικών:** Οι πολιτικές περιγράφουν πως μπορούν να αλληλεπιδράσουν διαφορετικοί χρήστες με την υπηρεσία.

Τρεις είναι οι κύριοι ρόλοι σε ένα πρότυπο SOA, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.5: [17]

- **Ο χρήστης της υπηρεσίας (service consumer):** Ο χρήστης της υπηρεσίας, αρχικά, αναζητά στο μητρώο την υπηρεσία που θέλει, στη συνέχεια συνδέεται με αυτή και τέλος εκτελεί τη λειτουργία της υπηρεσίας, σύμφωνα με τη διεπαφή της. Ο χρήστης μπορεί να είναι μια εφαρμογή ή κάποια άλλη υπηρεσία.
- **Ο πάροχος της υπηρεσίας (service provider):** Ο πάροχος της υπηρεσίας δημοσιεύει την περιγραφή της υπηρεσίας στο μητρώο υπηρεσιών, ώστε να μπορεί να εντοπιστεί από τους χρήστες. Πρόκειται για μια εφαρμογή ή συστατικό λογισμικού που βρίσκεται στο διαδίκτυο η οποία δέχεται και ικανοποιεί αιτήματα χρηστών.
- **Μητρώο υπηρεσιών (service registry):** Το μητρώο υπηρεσιών είναι ο σύνδεσμος μεταξύ του χρήστη και του παρόχου της υπηρεσίας. Είναι διαθέσιμο στο διαδίκτυο και αποθηκεύει τις περιγραφές υπηρεσιών που δημιουργούν οι πάροχοι υπηρεσιών.



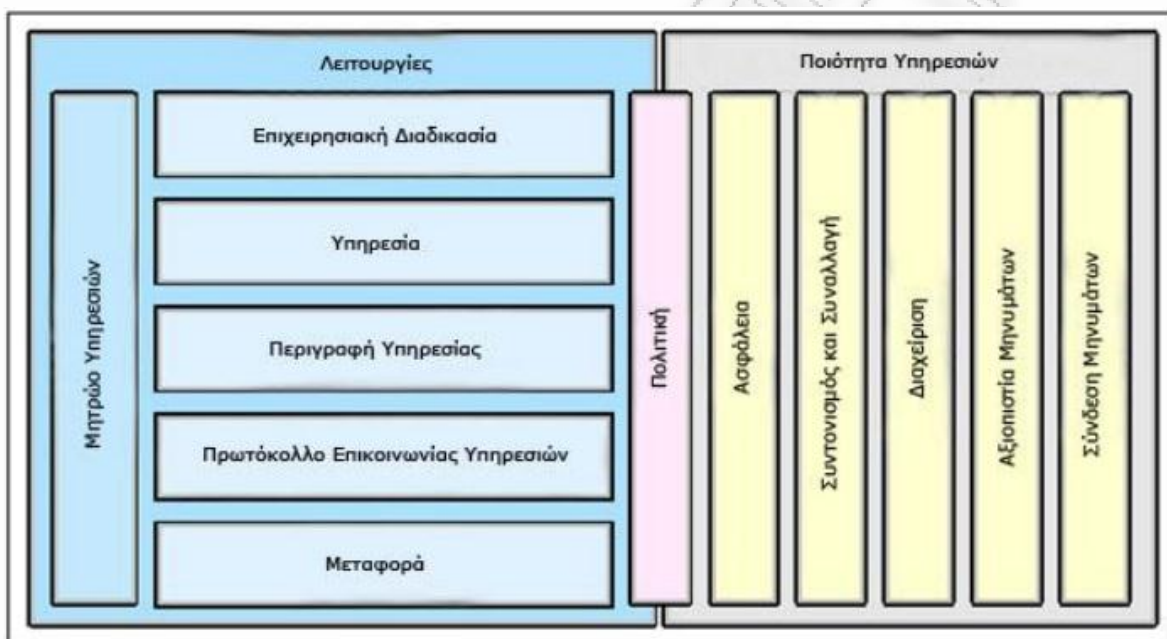
Σχήμα 2.5: Κύριοι ρόλοι σε μια αρχιτεκτονική SOA.

Οι λειτουργίες που εκτελούνται σε μια αρχιτεκτονική SOA είναι οι ακόλουθες: [17]

- **Δημοσίευση:** Για να μπορεί να εντοπίσει ο χρήστης μια υπηρεσία και να την καλέσει, πρέπει η περιγραφή της να έχει δημοσιευτεί.
- **Εύρεση:** Για να εντοπίσει ο χρήστης μια υπηρεσία πρέπει να την αναζητήσει στο μητρώο υπηρεσιών.
- **Σύνδεση και κλήση:** Μόλις αποκτήσει πρόσβαση στην περιγραφή της υπηρεσίας, ο χρήστης, προχωρά στη κλήση της σύμφωνα με τις πληροφορίες που υπάρχουν στην περιγραφή της.

Οι χρήστες και οι υπηρεσίες, για την επικοινωνία τους, ανταλλάσσουν μηνύματα XML (eXtensible Markup Language) [18], τα οποία καθορίζονται από συγκεκριμένα σχήματα της μορφής XSD (XML Schema Definition) [19]. Τα μηνύματα αυτά ενισχύουν την αξιοπιστία και την επεκτασιμότητα, μιας και αποτελούν μεμονωμένες οντότητες που μπορούν να αποθηκευτούν, να μεταφερθούν, να δρομολογηθούν και να αναφερθούν σε οποιοδήποτε σημείο της επιχειρησιακής ροής εργασίας. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι ότι τα μηνύματα XML μπορούν να μπου σε αναμονή σε περίπτωση που η υπηρεσία είναι προσωρινά μη διαθέσιμη. Τέλος, οι υπηρεσίες που επεξεργάζονται τα μηνύματα μπορούν να προσαρτήσουν σε αυτά επιπλέον πληροφορίες. [20]

Στην Εικόνα 2.1 παρουσιάζεται η δομή και τα συστατικά μιας υπηρεσιοστραφούς αρχιτεκτονικής. Η δομή είναι χωρισμένη σε δύο μέρη. Το αριστερό μέρος περιγράφει τα λειτουργικά μέρη της αρχιτεκτονικής και το δεξί τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την ποιότητα των υπηρεσιών.



Εικόνα 2.1: Στοιχεία της δομής της αρχιτεκτονικής SOA. (Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services, 2004, σελ. 25)

Πιο συγκεκριμένα, οι λειτουργίες (functions) της αρχιτεκτονικής προσανατολισμένης στις υπηρεσίες είναι οι ακόλουθες: [21, 17]

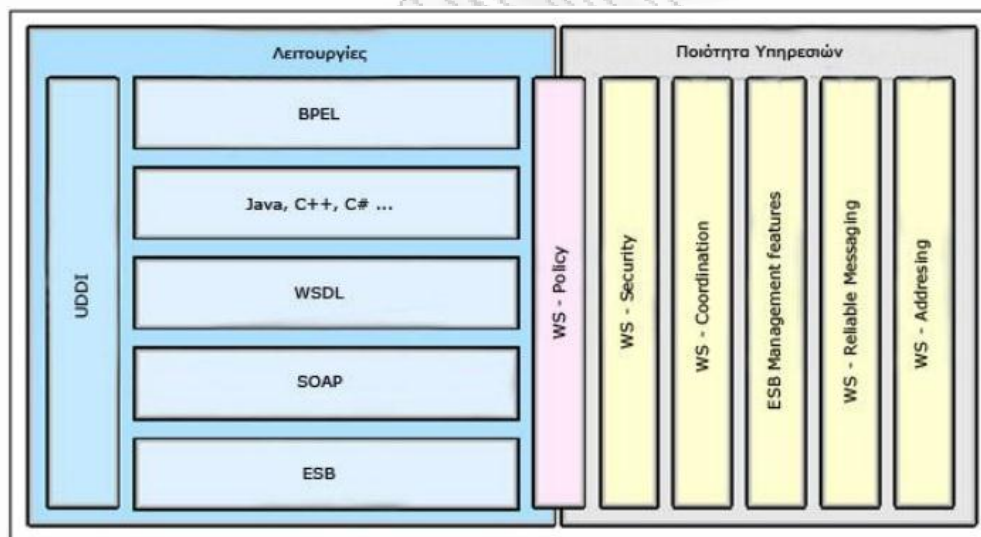
- **Μητρώο Υπηρεσιών (Service Registry):** Χρησιμοποιείται από τους παρόχους για τη δημοσίευση των υπηρεσιών και από τους χρήστες για την αναζήτηση και τον εντοπισμό τους. Αποτελεί, ουσιαστικά, τον χώρο που είναι αποθηκευμένες οι υπηρεσίες.
- **Επιχειρησιακή Διαδικασία (Business Process):** Μια συλλογή υπηρεσιών που καλούνται με συγκεκριμένους κανόνες και με συγκεκριμένη σειρά προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι και οι ανάγκες της επιχείρησης ή του οργανισμού.
- **Υπηρεσία (Service):** Περιλαμβάνει τις υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες προς χρήση.
- **Περιγραφή Υπηρεσίας (Service Description):** Περιγράφει τις υπηρεσίες, τον τρόπο κλήσης τους και τα δεδομένα που απαιτούνται για την επιτυχή κλήση τους.
- **Πρωτόκολλο Επικοινωνίας Υπηρεσιών (Service Communication Protocol):** Περιλαμβάνει το μηχανισμό επικοινωνίας μεταξύ του παρόχου και του χρήστη της υπηρεσίας.

- **Μεταφορά (Transport):** Περιλαμβάνει τη μεταφορά της αίτησης του χρήστη προς τον πάροχο της υπηρεσίας και την απάντηση της υπηρεσίας από τον πάροχο προς τον χρήστη.

Τα στοιχεία που είναι απαραίτητα σε μια αρχιτεκτονική SOA προκειμένου να παρέχει την καλύτερη δυνατή ποιότητα υπηρεσιών (quality of service) είναι: [21, 17]

- **Σύνδεση Μηνυμάτων (Message Correlation):** Καθορισμός των τελικών σημείων που συμμετέχουν σε μια επικοινωνία.
- **Αξιοπιστία Μηνυμάτων (Reliable Messaging):** Εξασφάλιση αξιοπιστίας για τα μηνύματα που μεταφέρονται.
- **Διαχείριση (Management):** Ένα σύνολο χαρακτηριστικών που μπορούν να εφαρμοστούν στη διαχείριση των υπηρεσιών.
- **Συντονισμός και Συναλλαγή (Coordination and Transaction):** Επίτευξη συντονισμού και συναλλαγής μεταξύ διαφορετικών υπηρεσιών.
- **Ασφάλεια (Security):** Ένα σύνολο κανόνων που μπορούν να εφαρμοστούν για την εκπλήρωση των απαιτήσεων ασφαλείας (αυθεντικοποίηση, ακεραιότητα, εξουσιοδότηση κλπ.)
- **Πολιτική (Policy):** Ένα σύνολο συνθηκών και κανόνων με βάση το οποίο ο πάροχος μιας υπηρεσίας μπορεί να τη διαθέσει στους χρήστες. Το συγκεκριμένο στοιχείο βρίσκεται μεταξύ των δύο μερών της δομής γιατί υπάρχουν πολιτικές που σχετίζονται με την ποιότητα των υπηρεσιών αλλά και πολιτικές που σχετίζονται με τις λειτουργίες.

Σε κάθε ένα στοιχείο της δομής της αρχιτεκτονικής SOA αντιστοιχούν συγκεκριμένες τεχνολογίες οι οποίες παρουσιάζονται στην ακόλουθη εικόνα:



Εικόνα 2.2: Τεχνολογίες της δομής της αρχιτεκτονικής SOA. (Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services, 2004, σελ. 25)

Η αρχιτεκτονική SOA έχει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα, τα κυριότερα από τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια: [17, 20, 22, 23]

- **Διαλειτουργικότητα:** Η επικοινωνία μεταξύ του παρόχου και του χρήστη της υπηρεσίας γίνεται με χρήση συγκεκριμένων προτύπων και χωρίς να επηρεάζουν οι τεχνολογίες και οι πλατφόρμες υλοποίησης, γεγονός που ενισχύει τη διαλειτουργικότητα.

- **Ευελιξία:** Η αρχιτεκτονική SOA δίνει τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις και στους οργανισμούς να ανταποκρίνονται άμεσα στις αλλαγές, να αναπτύσσουν νέες ικανότητες και να χρησιμοποιούν τις ήδη υπάρχουσες υπηρεσίες για επιπλέον ανάπτυξη.
- **Επαναχρησιμοποίηση:** Οι εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιούν τις ήδη υπάρχουσες υπηρεσίες, ανάλογα με τις ανάγκες, χωρίς να χρειάζεται κάθε φορά να αναπτύσσεται επιπλέον κώδικας. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η πολυπλοκότητα, ο χρόνος και το κόστος υλοποίησης των εφαρμογών.
- **Επεκτασιμότητα:** Ένα από τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής SOA είναι η ανεξαρτησία από την τοποθεσία. Για την επίτευξη αυτού του χαρακτηριστικού, οι εφαρμογές αναζητούν τις υπηρεσίες σε μητρώα και συνδέονται δυναμικά με αυτές κατά τη σχεδίαση. Αυτό ενισχύει την επεκτασιμότητα, καθώς μπορούν να γίνουν πολλές αιτήσεις σε διαφορετικά στιγμιότυπα των υπηρεσιών.
- **Καλύτερη απόδοση της επένδυσης (ROI – Return On Investment):** Η δημιουργία μιας ισχυρής υπηρεσίας έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη απόδοση της επένδυσης (ROI) που έγινε για τη δημιουργία του λογισμικού, καθώς οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί συνεχίζουν να εκμεταλλεύονται τους ήδη υπάρχοντες πόρους.
- **Μείωση του κόστους:** Η αρχιτεκτονική SOA αυξάνει την αποδοτικότητα, μειώνει τα έξοδα ανάπτυξης εφαρμογών και ενισχύει την επαναχρησιμοποίηση των υπαρχουσών υποδομών.
- **Ασφάλεια:** Η δημιουργία του επιπέδου της υπηρεσίας έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας διεπαφής δικτύου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικές εφαρμογές. Οι υπηρεσίες που διαμοιράζονται σε διαφορετικά συστήματα έχουν τα δικά τους επίπεδα ασφαλείας, σύμφωνα με τα πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί.
- **Φορητότητα του κώδικα:** Οι υπηρεσίες στην αρχιτεκτονική SOA, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι ανεξάρτητες από την τοποθεσία, γεγονός που καθιστά εφικτή την φορητότητα του κώδικα.
- **Διαθεσιμότητα:** Λόγω της ανεξαρτησίας της τοποθεσίας, διαφορετικοί εξυπηρετητές μπορούν να έχουν διαφορετικά στιγμιότυπα μιας υπηρεσίας που εκτελούνται σε αυτούς. Το γεγονός αυτό ενισχύει τη διαθεσιμότητα, καθώς σε περίπτωση βλάβης ενός τμήματος του δικτύου, είναι εφικτή η δρομολόγηση των αιτήσεων σε άλλους εξυπηρετητές.
- **Καλύτερος έλεγχος:** Οι υπηρεσίες έχουν διεπαφές που δημοσιεύονται σε μητρώα και μπορούν να ελεγχθούν εύκολα από τους προγραμματιστές με δοκιμές.

Ωστόσο, οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί, πριν την χρησιμοποίηση της αρχιτεκτονικής SOA, πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν τους ορισμένα στοιχεία: [20, 24]

- Η αρχιτεκτονική SOA δεν είναι πανάκεια. Παρόλο που μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος, να ενισχύσει την επαναχρησιμοποίηση των υπαρχόντων πόρων και να παρέχει επιχειρησιακή διαφάνεια, αν οι απαιτήσεις μιας επιχείρησης είναι διαφορετικές, τότε η υπηρεσιοστραφής αρχιτεκτονική δεν αποτελεί την κατάλληλη μέθοδο.
- Η αρχιτεκτονική SOA είναι απλώς μια αρχιτεκτονική, ένα σύνολο των καλύτερων πρακτικών και όχι μια τεχνολογία.
- Σε τεχνικό επίπεδο, η μεγαλύτερη πρόκληση που αντιμετωπίζει η αρχιτεκτονική SOA είναι η καθιέρωση και συντήρηση των αφηρημένων υπηρεσιών.
- Το πρόβλημα της αρχιτεκτονικής SOA είναι η οργάνωση, ο πολιτισμός και η πολιτική. Οι άνθρωποι είναι απρόθυμοι να δεχτούν την αλλαγή και να κοινοποιούν τους πόρους τους, ούτε να αφοσιωθούν στους πόρους άλλων ανθρώπων.
- Ο έλεγχος, η ποιότητα και η διαχείριση αποτελούν σημαντικά προβλήματα της αρχιτεκτονικής SOA.
- Εφαρμογές με απλές διαδικασίες δεν χρειάζονται την αρχιτεκτονική SOA.
- Η αρχιτεκτονική SOA δεν έχει ωριμάσει ακόμα, καθώς συνεχίζεται ο καθορισμός προτύπων και η αναζήτηση των καλύτερων πρακτικών.

## 2.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Για τη δημιουργία ενός σύγχρονου πληροφοριακού συστήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα πρότυπα και τεχνολογίες. Σκοπός είναι το σύστημα που θα προκύψει να είναι ευέλικτο, λειτουργικό και αποτελεσματικό. Οι ανάγκες ενός σύγχρονου ωκεανογραφικού πληροφοριακού συστήματος περιλαμβάνουν μια αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες (SOA) που να μπορεί να διαχειριστεί τον μεγάλο όγκο των δεδομένων που συλλέγονται και να είναι σε θέση να εξυπηρετήσει όλες τις απαιτήσεις του συστήματος. Οι επιμέρους τεχνολογίες της αρχιτεκτονικής SOA που την αποτελούν και την ολοκληρώνουν είναι οι υπηρεσίες ιστού (web services) και το ESB (Enterprise Service Bus). Τέλος, ένα ωκεανογραφικό πληροφοριακό σύστημα για την αποτελεσματική διαχείριση των δεδομένων του πρέπει να διαθέτει μια βάση δεδομένων και να χρησιμοποιεί τα κατάλληλα πρότυπα (π.χ NetCDF) για τον διαμοιρασμό των δεδομένων στην ωκεανογραφική κοινότητα και κατ'επέκταση στους χρήστες του. Για τα πρότυπα και τις τεχνολογίες που αναφέρθηκαν θα μιλήσουμε στη συνέχεια του κεφαλαίου.

### 2.3.1 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΙΣΤΟΥ

Οι αυξανόμενες ανάγκες για διαλειτουργικότητα και επικοινωνία μεταξύ των εφαρμογών καλύπτονται σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση των υπηρεσιών ιστού (web services). Οι υπηρεσίες αυτές παρέχουν έναν προτυποποιημένο τρόπο επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών οι οποίες εκτελούνται σε διαφορετικές πλατφόρμες και/ή πλαίσια εργασίας. Βασικός σκοπός αυτής της αρχιτεκτονικής είναι η ενίσχυση της επεκτασιμότητας και της διαλειτουργικότητας μεταξύ των διαφορετικών εφαρμογών, πλατφορμών και πλαισίων εργασίας με τρόπο τέτοιο που να είναι σύμφωνος με την αρχιτεκτονική του Παγκόσμιου Ιστού. [25]

Οι υπηρεσίες ιστού αποτελούν την πρώτη καταναμιμμένη τεχνολογία που υποστηρίζεται από όλες τις μεγάλες εταιρείες λογισμικού. Είναι επομένως η πρώτη τεχνολογία που πραγματοποιεί την επιθυμία για παγκόσμια ενοποίηση και διαλειτουργικότητα μεταξύ των εφαρμογών που εκτελούνται με διαφορετικές τεχνολογίες υλοποίησης σε διαφορετικές πλατφόρμες.

Από αρχιτεκτονικής πλευράς, οι υπηρεσίες ιστού παρουσιάζουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά. Αρχικά, υποστηρίζουν τη χαλαρή σύνδεση μέσω λειτουργιών που ανταλλάσσουν μόνο δεδομένα. Επίσης, οι λειτουργίες στις υπηρεσίες ιστού, οι οποίες βασίζονται στην ανταλλαγή μηνυμάτων XML, υποστηρίζουν τόσο τις σύγχρονες όσο και τις ασύγχρονες αλληλεπιδράσεις. Επιπλέον, είναι ανεξάρτητες από καταστάσεις και εισάγουν τη λογική των τελικών σημείων και των ενδιάμεσων. Τέλος, χρησιμοποιούν πρωτόκολλα του διαδικτύου, όπως το HTTP (Hyper Text Transfer Protocol), το FTP (File Transfer Protocol), το SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) και το MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions), με αποτέλεσμα η συνδεσιμότητα μέσω τυπικών συνδέσεων του διαδικτύου να είναι λιγότερο προβληματική. [21]

Μια υπηρεσία ιστού είναι ουσιαστικά μια εφαρμογή λογισμικού με συγκεκριμένο προσδιοριστικό (URI – Uniform Resource Identifier), της οποίας οι διεπαφές και οι συνδέσεις καθορίζονται και περιγράφονται με τη χρήση της γλώσσας XML. [25] Οι προδιαγραφές των υπηρεσιών ιστού είναι τελείως ανεξάρτητες από γλώσσες προγραμματισμού, λειτουργικά συστήματα και υλικό ώστε να ευνοούν τη χαλαρή σύνδεση μεταξύ του παρόχου και του χρήστη της υπηρεσίας. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά των υπηρεσιών ιστού: [17]

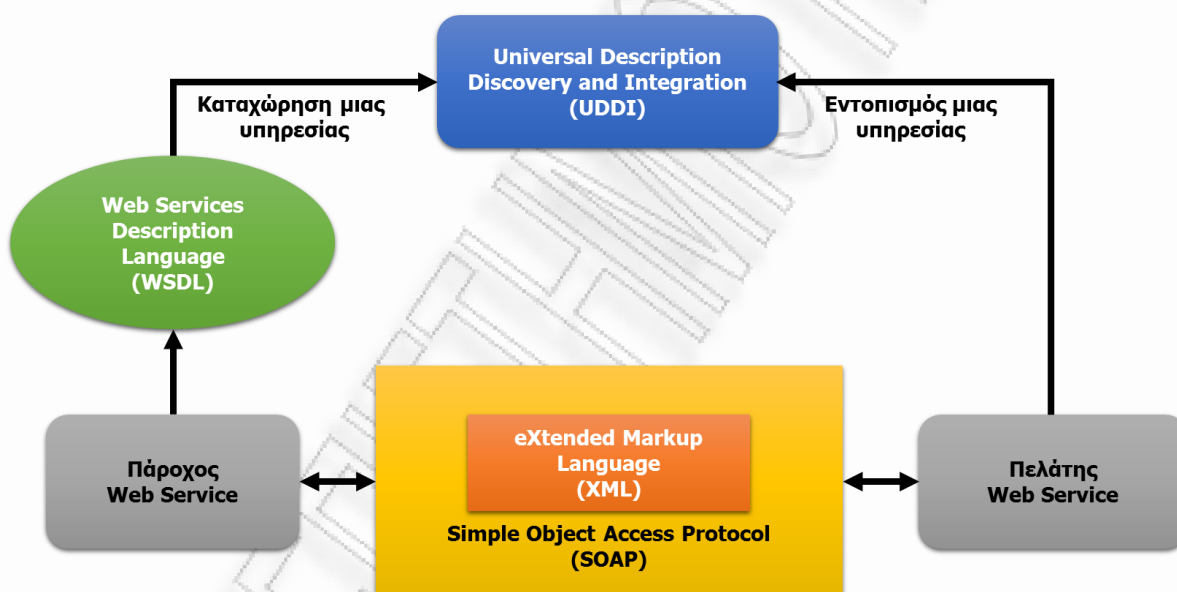
- **Οι υπηρεσίες ιστού είναι αυτο-περιγραφόμενες (self-described).** Το μόνο που χρειάζεται να γνωρίζουν ο πελάτης (client) και ο εξυπηρετητής (server) είναι το περιεχόμενο και η διαμόρφωση της αίτησης και της απάντησης.
- **Οι υπηρεσίες ιστού είναι αυτο-περιεχόμενες (self-contained).** Από την πλευρά του εξυπηρετητή απαιτούνται κυρίως ένας Web server και μια μηχανή servlet, ενώ από την πλευρά του πελάτη δεν απαιτείται κανένα επιπλέον λογισμικό.
- **Οι υπηρεσίες ιστού είναι εύκολα εφαρμόσιμες.** Οι υπηρεσίες ιστού χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση και την παροχή πρόσβασης σε επιχειρησιακές λειτουργίες στο διαδίκτυο. Πρότυπα όπως το CORBA και το J2EE είναι απλώς τεχνολογίες για την εφαρμογή των υπηρεσιών αυτών.
- **Οι υπηρεσίες ιστού είναι ανεξάρτητες από τη γλώσσα και διαλειτουργικές.** Η αλληλεπίδραση μεταξύ του χρήστη και του παρόχου της υπηρεσίας έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ανεξάρτητη από πλατφόρμες και γλώσσες προγραμματισμού. Το μόνο που απαιτείται είναι ένα



έγγραφο WSDL για την περιγραφή και τον καθορισμό της διεπαφής της υπηρεσίας και ένα πρωτόκολλο μεταφοράς (συνήθως HTTP).

- **Οι υπηρεσίες ιστού μπορούν να δημοσιευθούν, να εντοπιστούν και να κληθούν στο διαδίκτυο.** Τα πρότυπα που απαιτούνται για αυτό το σκοπό είναι το SOAP, το WSDL και το UDDI.
- **Οι υπηρεσίες ιστού είναι ανοιχτές και βασίζονται σε πρότυπα.** Η γλώσσα XML και το πρωτόκολλο HTTP αποτελούν την τεχνολογική υποδομή των υπηρεσιών ιστού. Άρα, ένα μεγάλο μέρος αυτής της τεχνολογίας έχει χρησιμοποιηθεί χρησιμοποιώντας πρότυπα ανοιχτού κώδικα.
- **Οι υπηρεσίες ιστού μπορούν να αποτελούνται από επιμέρους υπηρεσίες.** Μπορεί να γίνει συνδυασμός μεταξύ πιο απλών υπηρεσιών ιστού ώστε να δημιουργηθούν πιο σύνθετες και χρήσιμες υπηρεσίες.
- **Οι υπηρεσίες ιστού είναι δυναμικές.** Με τα πρότυπα UDDI και WSDL η περιγραφή και ο εντοπισμός των υπηρεσιών ιστού μπορεί να αυτοματοποιηθεί. Επομένως, το δυναμικό ηλεκτρονικό επιχειρείν μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας τέτοιες υπηρεσίες.

Για την επιτυχή αλληλεπίδραση μεταξύ του χρήστη και του παρόχου της υπηρεσίας, χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες τεχνολογίες από τις υπηρεσίες ιστού, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.6.



Σχήμα 2.6: Τεχνολογίες των υπηρεσιών ιστού.

Οι βασικές τεχνολογίες στις οποίες βασίζονται οι υπηρεσίες ιστού συνοψίζονται παρακάτω: [26]

- **Κωδικοποίηση XML:** Η Extended Markup Language (XML) είναι μια μέτα-γλώσσα (περιγραφική γλώσσα) η οποία έχει καθορισμένη σύνταξη και σημασιολογία. Τα «αυτοπεριγραφικά» χαρακτηριστικά της XML την κάνουν απλό, αλλά δυνατό, μηχανισμό για τη σύλληψη και την ανταλλαγή των στοιχείων μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών.
- **Μηνύματα SOAP:** Το Simple Object Access Protocol (SOAP) είναι το κανάλι που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ μιας εφαρμογής-προμηθευτή και μιας εφαρμογής-πελάτη. Το γεγονός ότι δεν καθορίζει κανένα νέο πρωτόκολλο επικοινωνίας δείχνει την απλότητα του SOAP. Αντιθέτως, επαναχρησιμοποιεί μεταξύ άλλων το Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) ή το Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) για μεταφορά δεδομένων σαν μηνύματα. Αυτή η χρήση του HTTP ή του SMTP σαν πρωτόκολλο μεταφοράς εξασφαλίζει ότι οι εφαρμογές-προμηθευτές μπορούν να επικοινωνήσουν με

τις εφαρμογές-πελάτες χρησιμοποιώντας το διαδίκτυο σαν ραχοκοκαλιά. Η χρήση του SOAP είναι αυτή που πολλαπλασιάζει τις ικανότητες των υπηρεσιών ιστού.

- **Μητρώο Υπηρεσιών (UDDI):** Το UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) είναι η καθολική βάση αναζήτησης για τον εντοπισμό των υπηρεσιών ιστού. Οι εφαρμογές που παρέχουν υπηρεσίες ιστού παρατίθενται σε έναν κατάλογο από παρόχους υπηρεσιών, χρησιμοποιώντας το UDDI. Παρόμοια, οι εφαρμογές-πελάτες εντοπίζουν τους παρόχους εφαρμογών υπηρεσιών ιστού, χρησιμοποιώντας το UDDI. Το UDDI, όπως και η WSDL που θα δούμε παρακάτω, βασίζεται στην XML.
- **Περιγραφή Υπηρεσιών (WSDL):** Οι εφαρμογές που παρέχουν υπηρεσίες ιστού χρησιμοποιούν μια πρότυπη περιγραφική γλώσσα που ονομάζεται Web Services Description Language (WSDL) για να διαφημίσουν τις διάφορες υπηρεσίες που παρέχουν. Η WSDL βασίζεται στην XML και χρησιμοποιεί ένα ειδικό σύνολο ετικετών (tags) για να περιγράψει ένα web service, τις υπηρεσίες που παρέχονται, που να εντοπιστούν κλπ. Οι εφαρμογές-πελάτες λαμβάνουν πληροφορίες για ένα web service πριν από την πρόσβασή τους σε αυτό. Η WSDL είναι ο τρόπος με τον οποίο διαφορετικές υπηρεσίες περιγράφονται στο UDDI.

Οι υπηρεσίες ιστού είναι η πιο κατάλληλη τεχνολογία για την υλοποίηση της αρχιτεκτονικής SOA. Γενικότερα, υπάρχει μια σύγχυση σχετικά με τους όρους Web Service και SOA. Με τον όρο SOA αναφερόμαστε σε μία αρχιτεκτονική σχεδίαση, ενώ με τον όρο Web Service αναφερόμαστε σε μια υπηρεσία που εκτελείται χρησιμοποιώντας ένα σύνολο από πρότυπα και αποτελεί τον τρόπο με τον οποίο υλοποιείται η αρχιτεκτονική SOA. Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα που προκύπτει από τη χρήση της αρχιτεκτονικής SOA με τις υπηρεσίες ιστού είναι η επίτευξη μιας προσέγγισης για προσπέλαση υπηρεσιών ανεξαρτήτως πλατφόρμας, αφού όλο και περισσότεροι πωλητές υποστηρίζουν τις προδιαγραφές των υπηρεσιών ιστού. [27]

Από τεχνολογική σκοπιά, οι υπηρεσίες ιστού έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα: [28, 29]

- **Προσαρμοστικότητα:** Οι υπηρεσίες ιστού μέσω των διεπαφών τους μπορούν να προσελαστούν από ανθρώπους, εφαρμογές ή άλλες υπηρεσίες. Επιπλέον, για καλύτερα αποτελέσματα μπορεί να γίνει και συνδυασμός δεδομένων διαφόρων υπηρεσιών ιστού.
- **Επεκτασιμότητα:** Οι υπηρεσίες ιστού μπορούν να βελτιωθούν και να επεκταθούν ακόμα και μετά την υλοποίησή τους.
- **Ενοποίηση εφαρμογών και δεδομένων:** Η ενοποίηση των συστημάτων που επικοινωνούν με τη χρήση των υπηρεσιών ιστού επιτυγχάνεται χωρίς στην ανεξαρτησία από τεχνολογίες, πλατφόρμες και γλώσσες προγραμματισμού, καθώς και στην χρήση της γλώσσας XML και του πρωτοκόλλου HTTP.
- **Επαναχρησιμοποίηση του κώδικα:** Μία υπηρεσία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαφορετικούς λόγους από διαφορετικούς πελάτες. Αντί όμως να δημιουργείται μια προσαρμοσμένη υπηρεσία για κάθε ξεχωριστή απαίτηση, απλώς επαναχρησιμοποιούνται τμήματα της υπάρχουσας υπηρεσίας ανάλογα με τις ανάγκες.
- **Διαθεσιμότητα:** Οι δημοσιευμένες υπηρεσίες ιστού στα μητρώα υπηρεσιών είναι πάντα διαθέσιμες από τους χρήστες.
- **Χαμηλότερο κόστος:** Ο συνδυασμός των παραπάνω πλεονεκτημάτων μειώνει σημαντικά το κόστος, καθώς οι υπηρεσίες ιστού χρησιμοποιούν τις ήδη υπάρχουσες επιχειρησιακές επενδύσεις σε υλικό και λογισμικό και επίσης χρησιμοποιούν ανοιχτά πρότυπα.
- **Ασφάλεια:** Με τη χρήση προτύπων ασφαλείας οι υπηρεσίες ιστού μπορούν να ελέγξουν την πρόσβαση σε δεδομένα και υπηρεσίες που διατίθενται.

Οι υπηρεσίες ιστού παρουσιάζουν εκτός από πλεονεκτήματα και ορισμένα μειονεκτήματα. Τα κυριότερα από αυτά παρουσιάζονται παρακάτω: [17, 30, 31]

- **Μειωμένη απόδοση:** Η απλότητα των υπηρεσιών ιστού αν και κατά κύριο λόγο αποτελεί πλεονέκτημα, ωστόσο μπορεί να γίνει και μειονέκτημα και αυτό γιατί χρησιμοποιούν πρωτόκολλα καθαρού κειμένου που εφαρμόζουν μια μακροσκελή μέθοδο για την αναγνώριση των δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι οι αιτήσεις υπηρεσιών ιστού είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες αιτήσεις άλλων



κατανεμημένων αρχιτεκτονικών (CORBA, RMI, DCOM) που κωδικοποιούνται με ένα δυαδικό πρωτόκολλο. Αυτό το επιπλέον μέγεθος επιδρά πολλές φορές αρνητικά στην απόδοση, ιδιαίτερα σε συνδέσεις με μεγάλο φόρτο ή σε συνδέσεις χαμηλής ταχύτητας.

- **Μη αξιόπιστη εκτέλεση:** Το πρωτόκολλο HTTP δεν εγγυάται την παράδοση με αποτέλεσμα να μην θεωρείται αξιόπιστο πρωτόκολλο. Για την ικανοποίηση αυτής της απαίτησης, χρησιμοποιούνται άλλα πρωτόκολλα, όπως το JMS, ωστόσο, η πλειοψηφία των υπηρεσιών ιστού βασίζονται στο πρωτόκολλο HTTP.
- **Αμετάβλητες διεπαφές:** Η αλλαγή των υπάρχουσών μεθόδων αλλά και των παραμέτρων που περιμένουν οι πελάτες από μια υπηρεσία ιστού μπορεί να οδηγήσει στον τερματισμό του προγράμματος του πελάτη. Για το λόγο αποφεύγεται η αλλαγή μεθόδων και προτιμάται η δημιουργία νέων και η προσθήκη τους στην ήδη υπάρχουσα υπηρεσία.
- **Σύνοδοι μικρής διάρκειας:** Οι υπηρεσίες ιστού βασίζονται στο κύριο πρωτόκολλο μεταφοράς του διαδικτύου, το HTTP, το οποίο όμως δεν είναι κατάλληλο για συνόδους μεγάλης διάρκειας. Ουσιαστικά, ένας φυλλομετρητής κάνει μια σύνδεση HTTP, αιτείται μια σελίδα του διαδικτύου και στη συνέχεια αποσυνδέεται. Αντίθετα, σε ένα περιβάλλον RMI ή CORBA, ο πελάτης συνδέεται με τον εξυπηρετητή και μπορεί να παραμείνει συνδεδεμένος για μεγάλο χρονικό διάστημα και ο εξυπηρετητής μπορεί να του στέλνει δεδομένα τακτικά.

Τέλος, οι υπηρεσίες ιστού δεν διαθέτουν κάποια χαρακτηριστικά υποδομής και ποιότητας υπηρεσιών (quality of service), όπως είναι η ασφάλεια, οι συναλλαγές και η αξιοπιστία μηνυμάτων. Ωστόσο, για το σκοπό αυτό, έχουν δημιουργηθεί διάφορα πρότυπα τα οποία ενισχύουν το επίπεδο ασφαλείας των υπηρεσιών ιστού και θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

### 2.3.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ESB

Οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί κινούνται προς τις υπηρεσιοστραφείς αρχιτεκτονικές ολοένα και περισσότερο, με αποτέλεσμα να απαιτούν μια υποδομή που θα διευκολύνει τη διαλειτουργικότητα, ενώ παράλληλα θα παρέχει υπηρεσίες επικοινωνίας και ενοποίησης. Το ESB (Enterprise Service Bus), το οποίο διευθύνει τις υπηρεσίες ενεργώντας ουσιαστικά ως ενδιάμεσο επίπεδο, είναι μια τέτοια υποδομή. Πρόκειται, δηλαδή, για μια δομή αρχιτεκτονικής η οποία μέσω ενός μηχανισμού δρομολόγησης μηνυμάτων, που βασίζεται σε συγκεκριμένα πρότυπα, παρέχει θεμελιώδεις υπηρεσίες για σύνθετες αρχιτεκτονικές. [32] Το ESB διαχειρίζεται πληροφορίες και ενοποιεί πόρους και εφαρμογές. Αυτό που είναι μοναδικό στη συγκεκριμένη αρχιτεκτονική είναι ότι επιτρέπει τη σύνδεση λογισμικού που εκτελείται παράλληλα σε διαφορετικές πλατφόρμες και έχει αναπτυχθεί σε διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού, χρησιμοποιώντας διαφορετικά προγραμματιστικά πρότυπα. [17, 21, 32, 33]

Το ESB ενεργώντας ως ενδιάμεσος μεταξύ διαφορετικών και συχνά μη συμβατών προϊόντων, προσθέτει ευελιξία στην επικοινωνία μεταξύ των υπηρεσιών και απλοποιεί την ενοποίηση και την επαναχρησιμοποίησή τους. Οι δυνατότητές του στον τομέα της επικοινωνίας και χρησιμοποίησης των υπηρεσιών είναι οι ακόλουθες: [21]

- **Μετασχηματισμός:** Το ESB επιτρέπει το μετασχηματισμό των μηνυμάτων πριν την παράδοσή τους στις υπηρεσίες. Στην περίπτωση των XML μηνυμάτων, οι μετασχηματισμοί γίνονται συνήθως χρησιμοποιώντας το πρότυπο XSLT (eXtensible Stylesheet Language for Transformations) [34] ή τους μηχανισμούς XQuery (XML Query Language) [35].
- **Δρομολόγηση:** Το ESB με βάση την προέλευση, το περιεχόμενο ή άλλα χαρακτηριστικά, επιτρέπει τη δρομολόγηση των μηνυμάτων σε διαφορετικές υπηρεσίες.
- **Έλεγχος της εκτέλεσης, της χρήσης και της συντήρησης των υπηρεσιών:** Το ESB επιτρέπει τη δημιουργία λογαριασμού, την εγγραφή και είσοδο, τον έλεγχο της απόδοσης, την κατανεμημένη εκτέλεση και πολλές άλλες δυνατότητες.
- **Διακοπή μηνυμάτων:** Το ESB λειτουργεί, κατά κάποιο τρόπο, ως μεσάζοντας καθώς επιτρέπει τη διακοπή των αιτήσεων προς τις υπηρεσίες, των απαντήσεων από αυτές και την εφαρμογή επιπλέον επεξεργασίας σε αυτές.

Μερικές από τις επιπλέον δυνατότητες, πέρα από τις παραπάνω, είναι ο προσδιορισμός του συντονισμού μεταξύ των μηνυμάτων, ο προσδιορισμός των περιορισμών ασφαλείας που σχετίζονται με τα μηνύματα και τις υπηρεσίες και ο καθορισμός των αξιόπιστων καναλιών επικοινωνίας.

Η έννοια του ESB είναι συνυφασμένη με την καλύτερη πρακτική για την εφαρμογή μιας υπηρεσιοστραφούς αρχιτεκτονικής. Η λέξη “Bus” από τα αρχικά του ESB αντιστοιχεί στον φυσικό δίαυλο που μεταφέρει τα δυαδικά δεδομένα μεταξύ των διαφόρων τμημάτων ενός υπολογιστή. Μία αντίστοιχη λειτουργία αλλά σε υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης, είναι αυτό που υποστηρίζει το ESB. Σε μια αρχιτεκτονική που χρησιμοποιεί το ESB, μια εφαρμογή επικοινωνεί μέσω του διαύλου, ο οποίος ενεργεί στη συγκεκριμένη περίπτωση ως δρομολογητής των μηνυμάτων μεταξύ των εφαρμογών. Μια τέτοια προσέγγιση έχει ως κύριο πλεονέκτημα τη μείωση του αριθμού των συνδέσεων τύπου “σημείο προς σημείο” που επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ των εφαρμογών. [20, 32]

Το ESB απαιτεί ένα ενοποιημένο σύνολο από ενδιάμεσες υπηρεσίες που υποστηρίζουν τις ακόλουθες αρχιτεκτονικές: [17, 20]

- **Αρχιτεκτονικές οδηγούμενες από μηνύματα**, όπου οι εφαρμογές στέλνουν μηνύματα σε άλλες εφαρμογές μέσω του ESB.
- **Αρχιτεκτονικές οδηγούμενες από συμβάντα**, όπου οι εφαρμογές δημιουργούν και χρησιμοποιούν μηνύματα όντας ανεξάρτητες η μία από την άλλη.
- **Αρχιτεκτονικές προσανατολισμένες στις υπηρεσίες**, όπου οι κατανεμημένες εφαρμογές συντίθενται από επαναχρησιμοποιήσιμες υπηρεσίες, οι οποίες έχουν καλά ορισμένες, δημοσιευμένες και προτυποποιημένες διεπαφές.

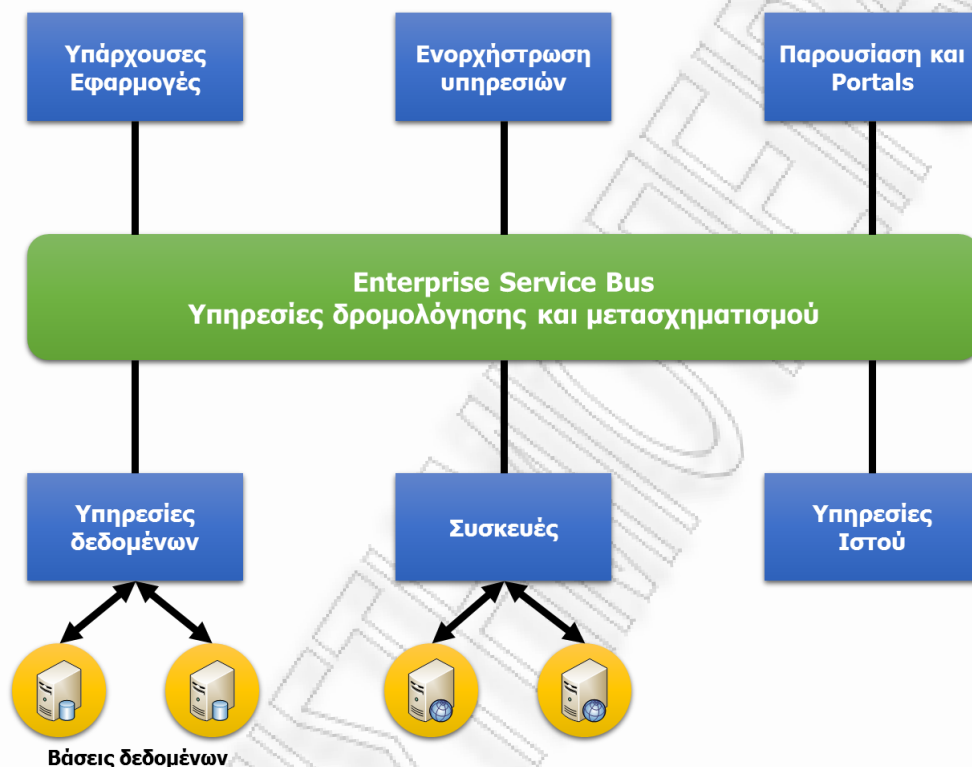
Ένα καλό ESB πρέπει να κάνει τις υπηρεσίες ευρέως διαθέσιμες και με αυτόν τον τρόπο να συμβάλλει στην ευκολότερη σύνθεση των υπηρεσιών αλλά και στην επαναχρησιμοποίησή τους. Πρέπει, επίσης, να παρέχει ευελιξία και να επιτρέπει τη διαμόρφωση οποιουδήποτε συνδυασμού των χαρακτηριστικών ποιότητας υπηρεσιών. Επιπλέον, πρέπει να μπορεί να προσφέρει ποιότητα υπηρεσιών παρέχοντας ασφάλεια, αξιοπιστία και ανεκτικότητα. Συνολικά, τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι υπηρεσίες που παρέχονται από το ESB είναι: [17, 21, 32]

- Δυνατότητα δρομολόγησης ή μετατροπής των μηνυμάτων ανάλογα με τις απαιτήσεις.
- Δυνατότητα διατήρησης των μηνυμάτων σε αναμονή στην περίπτωση που οι εφαρμογές είναι μη διαθέσιμες.
- Χρήση της XML ως πρότυπη γλώσσα επικοινωνίας.
- Υποστήριξη των προτύπων των υπηρεσιών ιστού.
- Παροχή εργαλείων βασισμένα σε πρότυπα τα οποία να επιτρέπουν τη γρήγορη ενοποίηση και διαλειτουργικότητα των υπηρεσιών.
- Παροχή μιας ενδιάμεσης επικοινωνίας η οποία να εξασφαλίζει ποιότητα των υπηρεσιών (ασφάλεια, απόδοση, εγγυημένη παράδοση) και να υποστηρίζει διάφορες μορφές επικοινωνίας (σύγχρονη, ασύγχρονη, μονόδρομη, αμφίδρομη, αίτηση/απάντηση), διεπαφές, πρωτόκολλα και πλατφόρμες.
- Ικανότητα ομοιόμορφης εφαρμογής των επιχειρησιακών κανόνων.
- Δυνατότητα συνδυασμού αλλά και διαχωρισμού πολλαπλών μηνυμάτων και χειρισμού εξαιρέσεων.
- Παροχή ενός συστήματος διαχείρισης για τις εφαρμογές χαλαρής σύνδεσης και τις αλληλεπιδράσεις τους.
- Παροχή ενός προτυποποιημένου μοντέλου ασφαλείας για την αυθεντικοποίηση, την εξουσιοδότηση και τον έλεγχο της χρήσης του ESB.

Διαθέτοντας αυτά τα χαρακτηριστικά, ένα ESB, μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της αρχιτεκτονικής SOA, παρέχοντας διάφορα πλεονεκτήματα, όπως είναι το μειωμένο κόστος ανάπτυξης, εκτέλεσης και συντήρησης και η αυξημένη ευελιξία, αξιοπιστία και διαχείριση.

Η αρχιτεκτονική ενός ESB βασίζεται σε ένα δίαυλο. Μέσα από αυτόν τον δίαυλο παρέχονται υπηρεσίες παράδοσης μηνυμάτων, οι οποίες βασίζονται σε πρότυπα όπως το HTTP, το SOAP και το JMS. Σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσφέρει υψηλή απόδοση και εγγυημένη παράδοση των μηνυμάτων σε παρόχους και χρήστες των υπηρεσιών. Το ESB επιτρέπει την εκτέλεση μετασχηματισμών και δρομολογήσεων των

αιτήσεων των υπηρεσιών, καθώς επίσης, και την αλληλεπίδραση μεταξύ των υπηρεσιών με βάση τις απαιτήσεις ποιότητας αυτών. Τέλος, επιτρέπει τη χρήση πολλαπλών πρωτοκόλλων (σύγχρονα και ασύγχρονα) και υποστηρίζει μια μεγάλη ποικιλία από πρότυπα, μεταξύ των οποίων τα SOAP, XML, WSDL, JMS, J2EE, JAX-RPC, JAX-WS και πολλά άλλα. Στο Σχήμα 2.7 φαίνονται τα στοιχεία που μπορεί να συνδέσει το ESB. [36]



Σχήμα 2.7: Αρχιτεκτονική του ESB.

Στην αρχιτεκτονική του ESB, όπως αυτή παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.7, υπάρχουν κάποια διακριτά στοιχεία που συνδέονται με αυτό, τα οποία είναι τα ακόλουθα: [20, 36]

- Η μηχανή ενορχήστρωσης υπηρεσιών, η οποία βασίζεται σε πρότυπα όπως το BPEL (Business Process Execution Language) [37], φιλοξενεί μεγάλες επιχειρησιακές διαδικασίες.
- Η διεπαφή του χρήστη με τις επιχειρησιακές υπηρεσίες παρέχεται από εφαρμογές, οι οποίες βασίζονται σε πρότυπα όπως το J2EE, που συνδέονται με το ESB.
- Η παρουσίαση και τα portals δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας προσωπικών διαδικτυακών πύλων που συνδυάζουν εφαρμογές από πολλές διαφορετικές πηγές.
- Οι συσκευές επιτρέπουν την ενοποίηση των επιχειρησιακών εφαρμογών, σύμφωνα με την προδιαγραφή JCA (Java Connector Architecture).
- Οι υπηρεσίες δεδομένων προβάλλουν συνεχώς δεδομένα από εξωτερικές πηγές δεδομένων.
- Οι υπηρεσίες ιστού παρέχουν έναν προτυποποιημένο τρόπο σύνδεσης με τεχνολογίες ενοποίησης.

Η ενοποίηση των συστημάτων που υπάρχουν στην υποδομή μιας επιχείρησης μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση του ESB που δίνει τη δυνατότητα κεντρικής διαχείρισης. Η προσπέλαση των εφαρμογών μόνο από εξουσιοδοτημένους χρήστες επιτυγχάνεται από το ESB με χρήση αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης.

Τέλος, σε μια αρχιτεκτονική ESB επιτρέπεται η παρακολούθηση και ο έλεγχος προκειμένου να είναι βέβαιη η σωστή λειτουργία των εφαρμογών. [38]

Το ESB έχει αρκετά πλεονεκτήματα και μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς να προσαρμοστούν και να ανταπεξέλθουν στις σύγχρονες απαιτήσεις γρήγορα και αποτελεσματικά. Με τη χρήση του ESB, είναι εφικτή η ενοποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών εύκολα και γρήγορα. Επίσης, το ESB μπορεί να μειώσει το κόστος και να βελτιώσει τη λειτουργική απόδοση, καθώς, χρησιμοποιώντας ανοιχτά πρότυπα (SOAP, WSDL, XML, JMS), απλοποιεί τη διαδικασία σύνδεσης ανόμοιων εφαρμογών διαφορετικών λειτουργικών συστημάτων στο διαδίκτυο. [36]

Με την ενοποίηση των εφαρμογών το ESB μπορεί να διαμορφώσει τις υπηρεσίες έτσι ώστε να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε διαφορετικές καταστάσεις. Μέσω του ESB, τα συστήματα που βασίζονται στην αρχιτεκτονική SOA, μπορούν να επαναχρησιμοποιούν αυτόματα τις υπηρεσίες, όταν αυτό απαιτείται. Επίσης, το ESB, συμβάλλει στην επεκτασιμότητα των ήδη υπάρχουσων υπηρεσιών, ευκολότερα από ότι με άλλες τεχνικές, παρέχοντας έναν προτυποποιημένο και αυτοματοποιημένο τρόπο για την ανταλλαγή των πληροφοριών μεταξύ των προγραμμάτων [38]. Συγκεντρωτικά τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του ESB είναι τα ακόλουθα: [20, 32]

- Ευκολία προσαρμογής στις αλλαγές.
- Αποφυγή των συνδέσεων τύπου “σημείο προς σημείο”.
- Ενοποίηση και διαλειτουργικότητα των υπηρεσιών.
- Ενίσχυση της ευελιξίας.
- Επαναχρησιμοποίηση των υπηρεσιών.
- Επεκτασιμότητα των υπηρεσιών.
- Υπηρεσίες χαλαρής σύνδεσης.

Πέρα από τα πλεονεκτήματα που μπορεί να προσφέρει η χρήση του ESB σε μια επιχείρηση ή έναν οργανισμό, υπάρχουν και ορισμένα αδύνατα σημεία που αποτρέπουν τη γενική χρήση του. Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική προτείνεται όταν υπάρχουν τρία ή περισσότερα στοιχεία προς ενοποίηση, ενώ αναμένεται να προστεθούν και άλλα στο μέλλον. Επομένως, για την ενοποίηση συστημάτων μικρών και μεσαίων επιχειρήσεων το ESB δεν είναι η καλύτερη λύση. Ένα ακόμα σημαντικό μειονέκτημα του ESB είναι ότι απαιτεί τη χρήση περισσότερου υλικού (hardware) σε σχέση με τις συνδέσεις τύπου “σημείο προς σημείο” προκειμένου να χρησιμοποιηθεί από ένα σύστημα. [20]

Επιπλέον, το ESB χρησιμοποιεί την XML για την ανταλλαγή μηνυμάτων, γεγονός που δημιουργεί ορισμένα θέματα ασφαλείας καθώς η XML είναι μια γλώσσα καθαρού κειμένου, με αποτέλεσμα να υπάρχει ο κίνδυνος επεξεργασίας των δεδομένων που ανταλλάσσονται. Επομένως, πριν τη χρησιμοποίηση του ESB, είναι απαραίτητη η ικανοποίηση των απαιτήσεων ασφαλείας, χρησιμοποιώντας ασφαλή πρωτόκολλα μεταφοράς και πρότυπα ασφαλείας για την αυθεντικοποίηση, την ακεραιότητα και την εμπιστευτικότητα των δεδομένων [20]. Συγκεντρωτικά, τα βασικότερα μειονεκτήματα του ESB είναι τα ακόλουθα: [20, 32]

- Χρήση περισσότερου υλικού (hardware).
- Ανάγκη για ικανότητες ανάλυσης ενδιάμεσου λογισμικού για τη διαμόρφωση, τη διαχείριση και τη λειτουργία του ESB.
- Μικρό έως καθόλου κέρδος τον πρώτο καιρό χρησιμοποίησης του ESB, επειδή η πλήρης εκμάθηση της χρήσης του απαιτεί χρόνο.
- Κίνδυνος ύπαρξης υπηρεσιών στενής σύνδεσης, αν δεν υπάρξει επαρκής μελλοντικός σχεδιασμός.
- Προτείνεται κυρίως για μεγάλες επιχειρήσεις.

### 2.3.3 ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στις μέρες μας για να έχει μία επιχείρηση πετυχημένη πορεία και αποδοτική λειτουργία χρειάζεται περισσότερο από ποτέ η δυνατότητα ανάπτυξης και διατήρησης μηχανισμών που να επιτρέπουν τη συλλογή και καταχώρηση επίκαιρων δεδομένων σχετικά με τις δραστηριότητες της, δεδομένα στα οποία γίνεται αποδοτική διαχείριση και αναλυτικού τύπου επεξεργασία. Είμαστε μάρτυρες μιας έκρηξης στο μέγεθος της

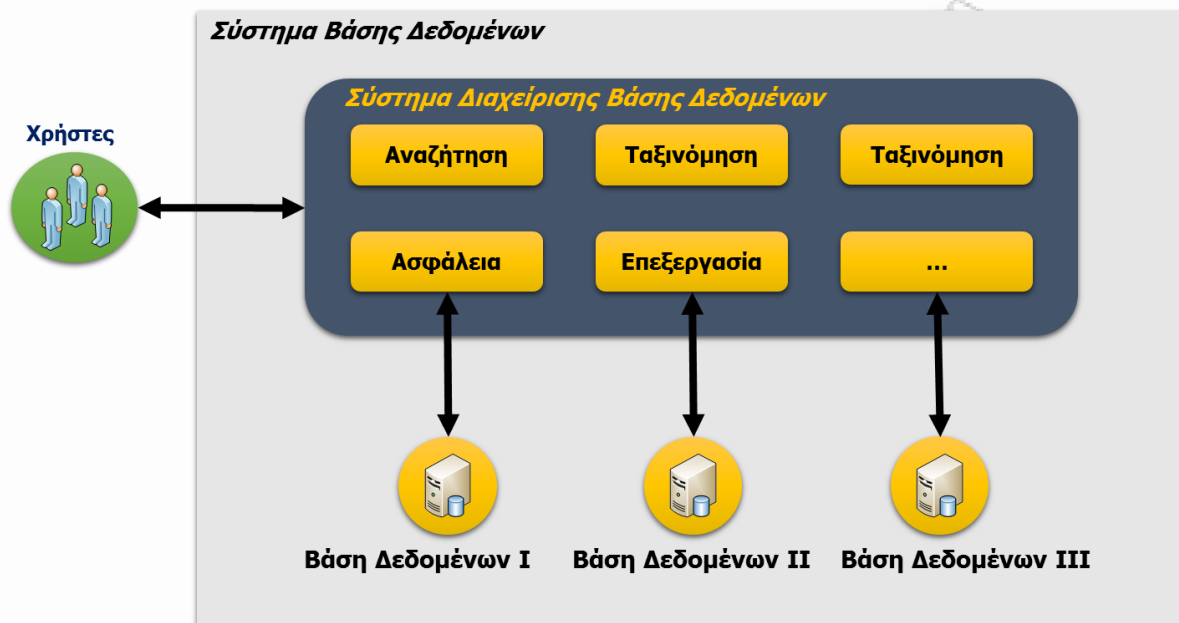
πληροφορίας που γίνεται διαθέσιμη στο μέσο άνθρωπο, πληροφορία της οποίας η σημασία μετασχηματίζεται ώστε να αποτελεί κεφαλαιώδους σημασίας αξία για τη μέση επιχείρηση και οργανισμό. Στην περίπτωση, όμως, που κάποιος αδυνατεί να προσανατολιστεί ώστε να εντοπίζει γρήγορα αυτό που τον ενδιαφέρει κάθε φορά, ο τεράστιος αυτός όγκος της διαθέσιμης πληροφορίας σημαίνει απόσπαση από τον κύριο στόχο και τροχοπέδη στην ανάπτυξη, παρά κεφαλαιώδους σημασίας αξία για την επιχείρηση. Το παράδοξο αυτό προκαλεί μια διαρκή ανάγκη για την ανάπτυξη όλο και πιο ισχυρών, στην επεξεργασία, και ευέλικτων συστημάτων διαχείρισης των πληροφοριακών δεδομένων. Η καταχώρηση των δεδομένων γίνεται σε σύνθετα, μεγάλα δομικά συγκροτήματα. Η αποτελεσματική διαχείριση των τελευταίων δημιουργεί την ανάγκη για εργαλεία που απλοποιούν τη διαχείριση, και την παραγωγή χρήσιμης και επίκαιρης πληροφόρησης από το σύστημα. Όταν δεν συμβαίνει αυτό, η πληροφορία και τα δεδομένα μετατρέπονται σε ένα βάρος, αντιμετώπιση του οποίου κοστίζει πολύ, ενώ η όποια απόπειρα διαχείρισης αυτής της πληροφορίας επιβαρύνει περισσότερο, παρά αποδίδει, για την επιχείρηση ή τον οργανισμό. [39]

Βάση δεδομένων αποτελεί η όποια συλλογή δεδομένων, σχετικών μεταξύ τους, τα οποία είναι δομημένα και καταχωρημένα με κατάλληλο τρόπο και έχουν να κάνουν με τις δραστηριότητες ενός (ή περισσοτέρων, αλληλοσυσχετιζόμενων) οργανισμού (ών). Ένα παράδειγμα βάσης δεδομένων αποτελούν τα επιχειρησιακά δεδομένα ενός πανεπιστημίου που καταχωρούν πληροφορία για: [39, 40]

- Οντότητες στο χώρο του συστήματος, όπως οι φοιτητές, οι ακαδημαϊκοί και τα μαθήματα.
- Συσχετίσεις μεταξύ των οντοτήτων, όπως η συμμετοχή φοιτητών σε μαθήματα και η διδασκαλία μαθημάτων από καθηγητές.

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, το βασικό χαρακτηριστικό των σύγχρονων εφαρμογών είναι η απαίτηση για την αποτελεσματική και αποδοτική διαχείριση της αποθηκευμένης πληροφορίας. Αρχικά, η διαχείριση της πληροφορίας γινόταν από τις ίδιες τις εφαρμογές, χρησιμοποιώντας το σύστημα αρχείων (file system) του λειτουργικού συστήματος, ενώ οι μέθοδοι επεξεργασίας και ανάκτησης των δεδομένων ήταν ενσωματωμένες στον κώδικα της εκάστοτε εφαρμογής. Αυτός ο τρόπος διαχείρισης αν και δίνει στον προγραμματιστή την ευελιξία να υλοποιήσει τις μεθόδους επεξεργασίας που αυτός επιθυμεί, ωστόσο δημιουργεί προβλήματα καθώς αυξάνεται ο όγκος των δεδομένων και η πολυπλοκότητα της πληροφορίας. Ο διαχωρισμός των δεδομένων από τις μεθόδους επεξεργασίας μπορεί να προσφέρει ευελιξία και επιπλέον αποδεσμεύει τον προγραμματιστή από την ανάγκη συγχρονισμού των δεδομένων και την υλοποίηση της λογικής προσπέλασης των δεδομένων. Η προσέγγιση αυτή στηρίζεται σε ένα Σύστημα Βάσης Δεδομένων (Database System) το οποίο αναλαμβάνει αποκλειστικά την αποθήκευση, προστασία και επεξεργασία των δεδομένων, παρέχοντας εξελιγμένους μηχανισμούς πρόσβασης, δικαιωμάτων και ενημέρωσης των δεδομένων. Ένα Σύστημα Βάσης Δεδομένων αποτελείται από τα εξής: [39, 40]

- Τη Βάση Δεδομένων (ΒΔ) και
- Το Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων (Database Management System), το οποίο είναι ένα λογισμικό που υλοποιεί όλες τις λειτουργίες που πρέπει να γίνουν σε μία βάση δεδομένων, όπως αναζήτηση, εισαγωγή, διαγραφή, συγχρονισμός προσπελάσεων, προστασία κλπ. και είναι ειδικά σχεδιασμένο ώστε να διευκολύνει τη χρήση και τη συντήρηση μεγάλου όγκου πληροφορίας. Ένα Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων (ΣΔΒΔ) μπορεί να διαχειρίζεται πολλές βάσεις δεδομένων ταυτόχρονα, αναλόγως και με τις απαιτήσεις των χρηστών.



Σχήμα 2.8: Βάση Δεδομένων και Σύστημα Διαχείρισης.

Στο Σχήμα 2.8 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ της ΒΔ και του ΣΔΒΔ. Παρατηρούμε ότι οι χρήστες δεν έχουν άμεση πρόσβαση στα δεδομένα. Η προσπέλαση των δεδομένων επιτυγχάνεται μέσω των μηχανισμών που έχουν υλοποιηθεί στο ΣΔΒΔ. Με τον τρόπο αυτό, ο έλεγχος των δεδομένων ανήκει στο ΣΔΒΔ και μόνο αυτό είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση και την προστασία τους. [40]

Η χρήση της συγκεκριμένης δομής προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα τόσο σε σχέση με τις δυνατότητες διαχείρισης των δεδομένων όσο και με την υποστήριξη των τελικών χρηστών (end-users). Πιο συγκεκριμένα: [39, 40]

- **Περιγραφή Δεδομένων.** Το πρώτο βασικό πλεονέκτημα είναι ότι το Σύστημα της Βάσης Δεδομένων περιέχει εκτός από τα δεδομένα και βοηθητικές πληροφορίες για την περιγραφή τους. Αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει τη μεταβολή της δομής και της οργάνωσης των δεδομένων σύμφωνα με τις απαιτήσεις των χρηστών.
- **Ανεξαρτησία Δεδομένων και Λειτουργιών.** Τα δεδομένα διαχωρίζονται από τις λειτουργίες που μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτά με αποτέλεσμα να προσφέρεται ευελιξία, καθώς η μεταβολή της δομής των δεδομένων δεν απαιτεί τη μεταβολή των προγραμμάτων εφαρμογής. Επίσης, η υποστήριξη νέων λειτουργιών επί των δεδομένων πραγματοποιείται ευκολότερα, καθώς επιβάλλονται μόνο προσθήκες στις υπάρχουσες λειτουργίες. Ο διαχωρισμός μεταξύ δεδομένων και λειτουργιών διευκολύνει, ακόμη, την ανάπτυξη εφαρμογών σε διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού, καθώς αυτό επιτυγχάνεται μέσω του ΣΔΒΔ που διαχειρίζεται όλα τα δεδομένα. Επιπλέον, διευκολύνεται η αποθήκευση των δεδομένων σε διαφορετικές διαμορφώσεις (format) και διαφορετικά μέσα αποθήκευσης, χωρίς να απαιτείται αλλαγή των προγραμμάτων εφαρμογής.
- **Αποδοτικότερη Διαχείριση Δεδομένων.** Όταν συμβαίνει πολλοί χρήστες να μοιράζονται την πρόσβαση στα ίδια δεδομένα, ο συγκεντρωτισμός στη διαχείριση των δεδομένων συνεπάγεται σημαντική βελτίωση των επιδόσεων του συστήματος. Οι κατασκευαστές ΣΔΒΔ φροντίζουν ώστε ο κώδικας να είναι όσο το δυνατόν αποδοτικότερος και η επεξεργασία των ερωτημάτων να πραγματοποιείται με όσο το δυνατόν καλύτερο τρόπο. Επομένως, ο προγραμματιστής εφαρμογών επικεντρώνεται στην υλοποίηση λειτουργιών που αφορούν μόνο στην εκάστοτε εφαρμογή και όχι στα



αποθηκευμένα δεδομένα. Η προσπέλαση των δεδομένων και η μεταφορά αυτών στο χρήστη ή την εφαρμογή είναι αρμοδιότητα του ΣΔΒΔ.

- **Προστασία Δεδομένων και Δικαιώματα Χρηστών.** Με στόχο την αποφυγή διαγραφής ή ενημέρωσης των δεδομένων χωρίς την απαραίτητη δικαιοδοσία το ΣΔΒΔ υλοποιεί μηχανισμούς προστασίας δεδομένων. Εκτός από τον παραδοσιακό τρόπο κλειδώματος με χρήση ονόματος χρήστη (username) και κωδικού πρόσβασης (password), το ΣΔΒΔ επιτρέπει την απόδοση συγκεκριμένων δικαιωμάτων σε συγκεκριμένους χρήστες του συστήματος. Επειδή η απόδοση των δικαιωμάτων γίνεται με δυναμικό και όχι με στατικό τρόπο, τα δικαιώματα ενός χρήστη μπορούν να μεταβάλλονται αναλόγως με τις ανάγκες από το διαχειριστή του συστήματος.
- **Μηχανισμοί Ταυτόχρονης Προσπέλασης.** Η δυνατότητα ταυτόχρονης υποστήριξης πολλών χρηστών είναι πολύ σημαντική στις σύγχρονες εφαρμογές και απαιτείται ένας μηχανισμός ελέγχου και συγχρονισμού των διαφορετικών λειτουργιών ώστε να αποφεύγεται πιθανή καταστροφή των δεδομένων. Συνήθως χρησιμοποιούνται μηχανισμοί κλειδώματος (locking) έτσι ώστε τα δεδομένα που είναι ήδη σε χρήση (όπως για ανάγνωση ή ενημέρωση) να μην επιτρέπεται να μεταβληθούν. Οι μηχανισμοί αυτοί προσφέρονται από το ΣΔΒΔ αποδεδειγμένα τους τελικούς χρήστες και τους προγραμματιστές από το δύσκολο έργο του συγχρονισμού λειτουργιών.
- **Επεκτασιμότητα.** Τα σύγχρονα ΣΔΒΔ επιτρέπουν την ενσωμάτωση νέων μεθόδων επεξεργασίας, νέων τύπων δεδομένων και νέων δομών οργάνωσης δεδομένων. Η δυνατότητα αυτή προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, καθώς το σύστημα μπορεί να προσαρμόζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις των χρηστών. Το βασικό χαρακτηριστικό της δυνατότητας αυτής είναι ότι οι νέες τεχνικές που υλοποιούνται γίνονται μέρος του ΣΔΒΔ και έτσι δεν απαιτείται υλοποίηση ξεχωριστών προγραμμάτων εφαρμογής για την υποστήριξή τους.

Το σχεσιακό μοντέλο δεδομένων (relational data model) αναπτύχθηκε από τον Codd το 1970. Η απλή και κατανοητή δομή του είναι δύο από τα αίτια της τεράστιας απήχησης του μοντέλου σε κλασικές όσο και σε σύγχρονες εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων. Το μεγάλο πλεονέκτημα του μοντέλου είναι ότι μπορεί να περιγραφεί με μαθηματικό τρόπο με τη βοήθεια της Θεωρίας Συνόλων (Set Theory) ή της Κατηγορηματικής Λογικής (Predicate Logic). Για την αναπαράσταση των δεδομένων το σχεσιακό μοντέλο χρησιμοποιεί σχέσεις ή αλλιώς πίνακες (οι δύο όροι χρησιμοποιούνται εναλλακτικά). Ο κάθε πίνακας έχει ένα μοναδικό όνομα και προσδιορίζεται από ένα σύνολο γραμμών και ένα σύνολο στηλών. Κάθε γραμμή του πίνακα αναπαριστά μια εγγραφή δεδομένων και ονομάζεται πλειάδα (tuple). Οι στήλες του πίνακα ορίζουν τα χαρακτηριστικά ή ιδιότητες (attributes) της κάθε εγγραφής. Αυτή η απλή, επίπεδη αναπαράσταση βοηθά ακόμα και τον πλέον απλό χρήστη ώστε να κατανοήσει εύκολα τη σημασιολογία και το περιεχόμενο της βάσης δεδομένων. Αυτό με τη σειρά του κάνει δυνατή την ύπαρξη απλών στην εκμάθηση, πλην όμως ισχυρών στην επεξεργασία, υψηλού επιπέδου γλωσσών προγραμματισμού για την εξυπηρέτηση των αιτημάτων τα οποία υποβάλλει ο κοινός χρήστης προς τη βάση δεδομένων. Αυτό που διακρίνει το σχεσιακό μοντέλο, σε σχέση με τα παλαιότερα μοντέλα, είναι η απλότητα της αρχιτεκτονικής των δομών οι οποίες καταχωρούν τα δεδομένα και η ευκολία με την οποία ο χρήστης/προγραμματιστής συντάσσει κώδικα και για τις πλέον πολύπλοκες περιπτώσεις αιτημάτων προς τη βάση [39, 40].

Τα περισσότερα εμπορικά ΣΔΒΔ υποστηρίζουν το σχεσιακό μοντέλο δεδομένων, όπως και πολλά εργαλεία σχεδιασμού, κάνοντας το έργο του σχεδιαστή της ΒΔ πιο εύκολο. Οι βασικοί στόχοι του σχεσιακού μοντέλου είναι οι εξής: [40]

- Η διατήρηση της ακεραιότητας και της συνέπειας των δεδομένων,
- Η αποφυγή του πλεονασμού (redundancy), που εμφανίζεται όταν τα ίδια δεδομένα αποθηκεύονται πολλές φορές σε διαφορετικές περιοχές της ΒΔ.
- Η υποστήριξη της ανεξαρτησίας δεδομένων, έτσι ώστε να μην απαιτούνται αλλαγές στα προγράμματα εφαρμογής σε περίπτωση που γίνουν αλλαγές στη φυσική δομή και οργάνωση της ΒΔ.
- Η υποστήριξη της ανάπτυξης συνολοθεωρητικών γλωσσών χειρισμού δεδομένων, οι οποίες στηρίζονται στη θεωρία συνόλων και διευκολύνουν τη διατύπωση ερωτημάτων προς το ΣΔΒΔ.

Η δομημένη γλώσσα ερωτημάτων (Structured Query Language - SQL) αποτελεί σήμερα την πλέον δημοφιλή και την πλέον διαδεδομένη εμπορική έκδοση γλώσσας για τη διαχείριση μιας σχεσιακής βάσης

δεδομένων. Η SQL χρησιμοποιείται από τους χρήστες για τη δημιουργία, τροποποίηση και ενημέρωση δεδομένων και τη διατύπωση ερωτημάτων. Μερικά από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της γλώσσας SQL είναι: [39, 40]

- **Η γλώσσα ορισμού δεδομένων (Data Definition Language - DDL):** Το υποσύνολο των εντολών SQL οι οποίες υποστηρίζουν τη δημιουργία, τη διαγραφή και την τροποποίηση των πινάκων.
- **Η γλώσσα διαχείρισης των δεδομένων (Data Manipulation Language - DML):** Το συγκεκριμένο υποσύνολο της SQL δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει, να διαγράφει και να ενημερώνει δεδομένα καθώς επίσης και να διατυπώνει ερωτήματα.
- **Ενσωμάτωση και δυναμική σύνταξη SQL:** Η συγκεκριμένη δυνατότητα της SQL επιτρέπει την ενσωμάτωση του κώδικα της γλώσσας μέσα σε κώδικα της λεγόμενης γλώσσας υποδοχής (π.χ. PHP, Perl). Η δυναμική υφή της SQL καθιστά δυνατή τη σύνταξη του κώδικα ενός αιτήματος (όπως και την εκτέλεσή του) τη στιγμή κατά την οποία διεκπεραιώνεται η επεξεργασία.
- **Ασφάλεια:** Η SQL διαθέτει μηχανισμούς ελέγχου όσον αφορά την πρόσβαση των χρηστών σε αντικείμενα της βάσης δεδομένων, όπως είναι οι πίνακες.
- **Διαχείριση των συναλλαγών:** Ο χρήστης έχει στη διάθεσή του εντολές με τις οποίες μπορεί να επεμβαίνει και να ελέγχει συγκεκριμένες στιγμές στη λειτουργικότητα του τρόπου διεκπαιρέωσης των συναλλαγών από το σύστημα.
- **Εναύσματα:** Από το πρότυπο SQL:1999 και μετά περιλαμβάνεται η υποστήριξη εναυσμάτων τα οποία αποτελούν ενέργειες οι οποίες δηλώνεται ότι θα εκτελούνται (αυτόματα) από το ΣΔΒΔ κάθε φορά που συμβαίνει οι μεταβολές στη βάση δεδομένων να πληρούν κάποιες προϋποθέσεις.
- **Λειτουργικότητα πελάτη-εξυπηρετητή και πρόσβαση σε απομακρυσμένες βάσεις δεδομένων:** Εντολές οι οποίες ελέγχουν τον τρόπο με τον οποίο μια εφαρμογή πελάτη μπορεί να συνδέεται σε έναν SQL εξυπηρετητή βάσης δεδομένων, με τον οποίο να συλλειτουργεί και με τον τρόπο αυτό να αποκτά πρόσβαση στα δεδομένα μέσα από ένα δίκτυο.

Η γλώσσα SQL χαρακτηρίζεται από σημαντικά πλεονεκτήματα, τα βασικότερα από τα οποία αναφέρονται παρακάτω: [40]

- Η διατύπωση των ερωτημάτων είναι ανεξάρτητη από το χρησιμοποιούμενο ΣΔΒΔ από τη στιγμή που κάθε σχεσιακό σύστημα υποστηρίζει την SQL.
- Η SQL μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλες τις λειτουργίες του ΣΔΒΔ.
- Πολλές γλώσσες προγραμματισμού έχουν τροποποιηθεί, ώστε να υποστηρίζουν διατύπωση ερωτημάτων σε SQL.
- Η SQL έχει απλή σύνταξη και αποδεσμεύει το χρήστη από λεπτομέρειες υλοποίησης.

Τέλος, όσον αφορά την ορολογία, η SQL χρησιμοποιεί τους όρους πίνακας (table), γραμμή (row) και στήλη (column), οι οποίοι αντιπροσωπεύουν τις έννοιες σχέση, πλειάδα και χαρακτηριστικό αντιστοίχως στο σχεσιακό μοντέλο δεδομένων.

### 2.3.4 NETCDF (NETWORK COMMON DATA FORM)

Η NetCDF (Network Common Data Form), που αναπτύχθηκε από την Unidata στο UCAR (University Corporation for Atmospheric Research), είναι ένα σύνολο διεπαφών προσανατολισμένων στην πρόσβαση και ανάκτηση δεδομένων τα οποία είναι σε μορφή πινάκων και αποτελείται από μία συλλογή βιβλιοθηκών που υποστηρίζουν τις γλώσσες προγραμματισμού C, Fortran, C++, Java, Perl, καθώς και διάφορες άλλες. Η NetCDF υποστηρίζει την προβολή των δεδομένων σαν μια συλλογή από αυτοπεριγραφικά, φορητά αντικείμενα που μπορούν να προσπελαστούν μέσα από μια απλή διεπαφή. Τα δεδομένα στους πίνακες μπορούν να προσπελαστούν απευθείας, χωρίς να είναι γνωστός ο τρόπος που έχουν αποθηκευθεί. Επίσης, μαζί με τα δεδομένα μπορούν να αποθηκευθούν και βοηθητικές πληροφορίες, όπως τι μονάδες μέτρησης έχουν χρησιμοποιηθεί. Οι βιβλιοθήκες της NetCDF αποτελούν ένα πρότυπο για την παρουσίαση επιστημονικών δεδομένων. Οι διεπαφές, οι βιβλιοθήκες και το πρότυπο της NetCDF υποστηρίζουν τη δημιουργία, την

πρόσβαση και των διαμοιρασμό επιστημονικών δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα της NetCDF είναι: [41]

- **Αυτο-περιγραφικά (self-describing):** Ένα αρχείο NetCDF περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα που περιέχει.
- **Φορητά (Portable):** Ένα αρχείο NetCDF μπορεί να προσπελαστεί από υπολογιστές με διαφορετικούς τρόπους αποθήκευσης ακεραίων, χαρακτήρων και αριθμών κινητής υποδιαστολής.
- **Κλιμακωτά (Scalable):** Ένα μικρό υποσύνολο ενός μεγάλου συνόλου δεδομένων μπορεί να προσπελαστεί αποτελεσματικά.
- **Επεκτάσιμα (Appendable):** Μπορούν να προστεθούν δεδομένα σε ένα καλά δομημένο NetCDF αρχείο χωρίς να χρειάζεται να γίνει αντιγραφή του συνόλου των δεδομένων ή να επανακαθοριστεί η δομή του.
- **Κοινόχρηστα (Sharable):** Το ίδιο αρχείο NetCDF μπορεί να το επεξεργάζεται ένας χρήστης και να το διαβάζουν πολλοί ταυτόχρονα.
- **Αρχειοθετημένα (Archivable):** Η πρόσβαση σε όλα τα προηγούμενα πρότυπα δεδομένων της NetCDF θα υποστηρίζεται από τις τρέχουσες και τις επόμενες εκδόσεις του λογισμικού.

Το λογισμικό της NetCDF χρησιμοποιεί έναν αφηρημένο τύπο δεδομένων, πράγμα που σημαίνει ότι όλες οι ενέργειες που έχουν να κάνουν με την πρόσβαση και τη διαχείριση δεδομένων σε ένα σύνολο δεδομένων της NetCDF πρέπει να χρησιμοποιούν μόνο το σύνολο των λειτουργιών που παρέχονται από την διεπαφή. Η φυσική αναπαράσταση των δεδομένων σε ένα αρχείο NetCDF είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να είναι ανεξάρτητη από τον υπολογιστή στον οποίο δημιουργήθηκε το αρχείο.

Οι βιβλιοθήκες της NetCDF υποστηρίζουν τέσσερα διαφορετικά πρότυπα NetCDF αρχείων: [41, 42]

- **Κλασικό πρότυπο:** Ήταν το πρώτο και μοναδικό πρότυπο που δημιουργήθηκε και χρησιμοποιήθηκε μεταξύ 1989 και 2004 από την Unidata. Παραμένει ακόμα το προεπιλεγμένο πρότυπο για τα NetCDF αρχεία δεδομένων και είναι και το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο.
- **64-bit πρότυπο:** Το 2004 προστέθηκε το 64-bit πρότυπο το οποίο είναι παρόμοιο με το κλασικό, επιτρέπει όμως στους χρήστες να δημιουργούν και να έχουν πρόσβαση σε πολύ μεγαλύτερα αρχεία και τύπους δεδομένων σε σχέση με το αρχικό πρότυπο.
- **NetCDF-4 πρότυπο:** Το 2008 προστέθηκε το NetCDF-4 πρότυπο το οποίο υποστηρίζει συμπίεση ανά μεταβλητή, πολλαπλές απεριόριστες διαστάσεις, πιο πολύπλοκους τύπους δεδομένων και καλύτερη απόδοση δημιουργώντας ένα επίπεδο NetCDF διεπαφής πρόσβασης πάνω από το πρότυπο HDF5 (Hierarchical Data Format 5).
- **NetCDF-4 κλασικό πρότυπο:** Ταυτόχρονα με το NetCDF-4 πρότυπο δημιουργήθηκε και το NetCDF-4 κλασικό πρότυπο για τους χρήστες που ήθελαν να εκμεταλλευτούν την καλύτερη απόδοση που προσφέρει το νέο πρότυπο χωρίς όμως την πολυπλοκότητα του νέου περιβάλλοντος διεπαφής ή του ενισχυμένου μοντέλου δεδομένων.

Για κάθε νέο πρότυπο που δημιουργείται η Unidata δεν σταματάει την υποστήριξη των προηγούμενων. Η πρόσβαση σε αρχεία που έχουν δημιουργηθεί με παλιά πρότυπα είναι εφικτή, όπως επίσης και τα προγράμματα που έχουν δημιουργηθεί με κάποια προηγούμενη προγραμματιστική διεπαφή υποστηρίζονται κανονικά. [41]

Το κλασικό NetCDF μοντέλο δεδομένων αποτελείται από μεταβλητές, διαστάσεις και χαρακτηριστικά. Στη NetCDF-4 το μοντέλο αυτό επεκτάθηκε και προστέθηκαν οι ομάδες και τύποι καθορισμένοι από τους χρήστες. Πιο συγκεκριμένα: [43]

- **Μεταβλητές (Variables):** N-διαστάσεων πίνακες δεδομένων. Οι μεταβλητές σε ένα NetCDF αρχείο μπορεί να είναι έξι διαφορετικών τύπων (char, byte, short, int, float, double).
- **Διαστάσεις (Dimensions):** Περιγράφουν τους άξονες των πινάκων δεδομένων. Μία διάσταση έχει ένα όνομα και ένα μέγεθος. Μία απεριόριστη (unlimited) διάσταση έχει μέγεθος το οποίο μπορεί να επεκταθεί κάθε στιγμή καθώς νέα δεδομένα προστίθενται. Αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις που δεν είναι γνωστές από πριν όλες οι διαστάσεις. Τα NetCDF-4/HDF5 μπορούν να έχουν οποιονδήποτε αριθμό απεριόριστων διαστάσεων, ενώ αρχεία παλαιότερων προτύπων μπορούν να περιέχουν το πολύ μία απεριόριστη διάσταση.

- **Χαρακτηριστικά (Attributes):** Σχολιάζουν τις μεταβλητές ή τα αρχεία με μικρές σημειώσεις ή συμπληρωματικά μεταδεδομένα. Τα χαρακτηριστικά είναι πάντα βαθμωτές τιμές ή πίνακες μίας διάστασης και μπορούν να συσχετιστούν είτε με μία μεταβλητή ή με ένα αρχείο συνολικά. Παρόλο που δεν υπάρχει κάποιο όριο, τα χαρακτηριστικά καλό είναι να έχουν μικρό μέγεθος.
- **Ομάδες (Groups):** Ένας τρόπος ιεραρχικής οργάνωσης των δεδομένων παρόμοιος με τους καταλόγους σε ένα σύστημα αρχείων Unix.
- **Τύποι καθορισμένοι από χρήστες (User-defined types):** Οι χρήστες μπορούν να καθορίσουν σύνθετους τύπους (όπως οι δομές στην C), αριθμητικούς τύπους, μεταβλητού μήκους πίνακες και αδιαφανείς τύπους.

Τα δύο τελευταία στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε ένα αρχείο NetCDF-4/HDF5. Αρχεία που έχουν δημιουργηθεί με το κλασικό πρότυπο ή το 64-bit πρότυπο δεν μπορούν να υποστηρίξουν την δημιουργία ομάδων και τους τύπους καθορισμένους από τους χρήστες. Στα NetCDF-4/HDF5 αρχεία ο χρήστης μπορεί να καθορίσει ομάδες που μπορεί να περιέχουν μεταβλητές, διαστάσεις και χαρακτηριστικά. Με αυτό τον τρόπο μία ομάδα μπορεί να περιέχει ουσιαστικά το κλασικό NetCDF μοντέλο δεδομένων. Ο χρήστης επίσης μπορεί να προσθέτει όσες ομάδες επιθυμεί οι οποίες οργανώνονται ιεραρχικά. [43]

Η NetCDF χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές κλιματολογίας, μετεωρολογίας και ωκεανογραφίας (π.χ. πρόγνωση καιρού, κλιματικές αλλαγές) καθώς και σε GIS εφαρμογές. [43] Η NetCDF προσπαθεί να παρουσιάσει τα επιστημονικά δεδομένα με τον ίδιο τρόπο που θα το έκανε και ένας επιστήμονας, δηλαδή σαν σύνολα συσχετιζόμενων πινάκων. Υπάρχουν για παράδειγμα, πολλές διαφορετικές φυσικές παράμετροι, όπως είναι η πίεση και η θερμοκρασία, οι οποίες αναφέρονται σε διάφορα σημεία που καθορίζονται από συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος, ύψος και χρόνο. Ένας επιστήμονας μπορεί επίσης να θέλει να αποθηκεύσει και επιπλέον πληροφορίες, όπως είναι οι μονάδες μέτρησης, ή το πώς παράχθηκαν τα δεδομένα. Οι πληροφορίες οι σχετικές με τους άξονες (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος, ύψος, χρόνος) θα αποθηκευθούν στο NetCDF αρχείο σαν διαστάσεις, με ένα συγκεκριμένο όνομα και ένα μέγεθος. Οι φυσικές παράμετροι (πίεση, θερμοκρασία), θα αποθηκευθούν σαν NetCDF μεταβλητές. Συνηθίζεται επίσης να προστίθεται μία μεταβλητή για κάθε διάσταση προκειμένου να αποθηκεύονται και οι τιμές που έχουν μετρηθεί για τις διαστάσεις. Αυτοί οι πίνακες είναι μονοδιάστατοι. Τέλος, όλα τα μεταδεδομένα, όπως είναι οι μονάδες μέτρησης και ο τρόπος παραγωγής των δεδομένων αποτελούν τα χαρακτηριστικά του NetCDF αρχείου.

## 2.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Karantjias, A., Glickman, Y., Schmidt, M., Markovic, M., Tsiptsias, K. (2008). *D4.1: SWEB platform development report*. 6th Framework Programme, SWEB IST Project Deliverable, European Commission, Belgium.
- [2] Finch, C. (2006), *'The Benefits of the Software-as-a-Service Model'*, Technical Article, Available <http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=107276>
- [3] Karantjias, A., and Polemi, N. (2009) *'An innovative platform architecture for complex secure e/m-governmental services'*, International Journal of Electronic Security and Digital Forensics (IJESDF), 2(4), 338-354.
- [4] LGAF project (2007). *Local Government Access Framework*. 6th Framework Programme, Available at <http://lgaf.kedke.org/wiki>
- [5] Hartman, B. et al. (2003). *Mastering Web Services Security*. Wiley Publishing.
- [6] Papastergiou, S., Karantjias, A, and Polemi, D. (2007). *A Federated Privacy-Enhancing Identity Management System (FPE-IMS)*. Proceedings of the 18th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC 07, Athens Greece, pp. 1-5
- [7] Hansen, M., Pfitzmann, A., & Steinbrecher, S. (2008). *Identity management throughout one's whole life*. Elsevier Advanced Technology Publications, Information Security Technical Report, 13(2), 83-94

- [8] European Commission (EC) (1997). *Directive 97/66/EC of the European Parliament and of the Council concerning the processing of personal data and the protection of privacy in the telecommunications sector*. Official Journal L L 024, 1997, 1-8
- [9] European Commission (EC) (2001). *Directive 01/45/EC of the European Parliament and the Council of Ministers on the protection of individuals with regard to the processing of personal data by the Community institutions and bodies and on the free movement of such data*. Official Journal L 008, 2001, 1-22
- [10] Wikipedia. *Multitier architecture*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <[http://en.wikipedia.org/wiki/Multitier\\_architecture](http://en.wikipedia.org/wiki/Multitier_architecture)>
- [11] *Deployment Patterns (Microsoft Enterprise Architecture, Patterns, and Practices)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms998478.aspx>>
- [12] *What is 3-Tier (Multi-Tier) architecture and why do we need it?* [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://blog.simcrest.com/what-is-3-tier-architecture-and-why-do-you-need-it/>>
- [13] Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων, Διπλωματική Εργασία, Σπυρίδων Λαγάρας. *Δυναμικές ροές εργασίας στις επιχειρηματικές εφαρμογές. Ενορχήστρωση των δικτυακών υπηρεσιών για την ανάπτυξη επιχειρηματικών διαδικασιών*, 2008
- [14] Mike P. Papazoglou, Willem-Jan van den Heuvel, *Service oriented architectures: approaches, technologies and research issues*, The VLDB Journal, 2007 16:389-415
- [15] W3C. *Web Services Definition Language (WSDL)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/TR/wsd1/>>
- [16] Michael Rosen, Boris Lublinsky, Kevin T. Smith, Marc J. Balcer. *Applied SOA: ServiceOriented Architecture and Design Strategies*. Wiley Publishing, 2008.
- [17] Mark Endrei, Jenny Ang, Ali Arsanjani, Sook Chua, Philippe Comte, Pal Krogdahl, Min Luo, Tony Newling. *Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services*. IBM Redbooks, 2004.
- [18] W3C. *eXtensible Markup Language (XML)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/XML/>>
- [19] W3C. *XML Schema*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/XML/Schema>>
- [20] Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής, Πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής». Μεταπτυχιακή Διατριβή, Ανδρέας Καλαϊτζής. *Ενορχήστρωση Υπηρεσιών Ιστού με τη Γλώσσα Εκτέλεσης Επιχειρησιακών Διαδικασιών BPEL*, 2011
- [21] Matjaz B. Juric, Benny Mathew, Poornachandra Sarang. *Business Process Execution Language for Web Services*. Second Edition. Packt Publishing, 2006.
- [22] Michael Stevens. *The benefits of a Service-Oriented Architecture*. Developer.com, 2002. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.developer.com/services/article.php/1041191/TheBenefits-of-a-Service-Oriented-Architecture.htm>>
- [23] Accenture. *Service-Oriented Architecture: Business Benefits*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.accenture.com/us-en/Pages/service-soa-business-benefits.aspx>>
- [24] Ying-Hong Wang, Jingo Chenghorng Liao. *Why Or Why Not Service Oriented Architecture*. IEEE, 2009.
- [25] W3C. *Web Services*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/TR/2002/WD-ws-arch-20021114/>>
- [26] University of Macedonia. Parallel Distributed Processing Laboratory. *Αρχιτεκτονική και δομικά στοιχεία των web services* [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.it.uom.gr/project/soap/Theory/architecture.html>>
- [27] Raghu R. Kodali. *An introduction to SOA*. JavaWorld, 2005. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.javaworld.com/javaworld/jw-06-2005/jw-0613-soa.html>>

- [28] Erin Cavanaugh. *Web services: Benefits, challenges, and a unique, visual development solution*. Alltova, 2008.
- [29] MSDN <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc508708.aspx>>
- [30] Mike P. Papazoglou, Willem-Jan van den Heuval. *Service oriented architectures: approaches, technologies and research issues*. Springer, 2007.
- [31] Joseph Weber, Mark Wutka. *BEA WebLogic Workshop Kick Start*. Sams Publishing, 2002.
- [32] Wikipedia. *Enterprise Service Bus (ESB)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <[http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise\\_service\\_bus](http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_service_bus)>
- [33] Binary Spectrum. *Enterprise Service Bus – An Introduction*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <[http://www.binaryspectrum.com/service-oriented\\_architecture/esb.html](http://www.binaryspectrum.com/service-oriented_architecture/esb.html)>
- [34] W3C. *XSL Transformations (XSLT)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/TR/xslt>>
- [35] W3C. *XQuery 1.0: An XML Query Language (Second Edition)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/TR/xquery/>>
- [36] Naveen Balani. *Model and build ESB SOA frameworks*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.ibm.com/developerworks/web/library/wa-soaesb/>>
- [37] OASIS. *Web Services BPEL TC*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.oasis-open.org/committees/wsbpel/>>
- [38] Sixto Ortiz Jr. *Getting on Board the Enterprise Service Bus*. IEEE, 2007.
- [39] Raghu Ramakrishnan, Johannes Gehrke. *Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων*. 2η έκδοση, Τόμος Α. Εκδόσεις Τζιόλα, 2002.
- [40] Ιωάννης Μανωλόπουλος, Απόστολος Ν. Παπαδόπουλος. *Συστήματα Βάσεων Δεδομένων: Θεωρία και Πρακτική Εφαρμογή*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 2006
- [41] Unidata. *NetCDF FAQ*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/docs/faq.html> >
- [42] Wikipedia. *NetCDF*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://en.wikipedia.org/wiki/NetCDF>>
- [43] Unidata. *NetCDF Tutorial*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/docs/netcdf-tutorial.html>>



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

### 3.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Στις μέρες μας, η εφαρμογή μηχανισμών ασφαλείας σε επίπεδο υπηρεσιών και διαχείρισης δεδομένων μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού κρίνεται απαραίτητη. Η ανταλλαγή και μεταφορά δεδομένων κρύβει πολλούς κινδύνους, όπως η αθέμιτη και κακόβουλη επεξεργασία τους, ακόμα και η κλοπή τους. Προκειμένου οι επιχειρήσεις να είναι ευέλικτες, κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή εφαρμογών που χρησιμοποιούν υπηρεσίες προσβάσιμες από ένα δίκτυο, όπως είναι το διαδίκτυο, χρησιμοποιούν συνήθως μια Αρχιτεκτονική Προσανατολισμένη στις Υπηρεσίες (ΑΠΥ). Μία τέτοια αρχιτεκτονική προάγει το “χαλαρό” δέσιμο μεταξύ δομικών στοιχείων λογισμικού με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίησή τους και τα δομικά στοιχεία να βασίζονται σε καλώς ορισμένες, προτυποποιημένες και δημοσιευμένες διεπαφές.

Προκειμένου μια ΑΠΥ να επιτύχει τους στόχους που έχουν τεθεί σε μία επιχείρηση ή έναν οργανισμό, πρέπει οι υπηρεσίες που περιλαμβάνει να είναι απόλυτα ασφαλείς, από όλες τις απόψεις, και έμπιστες από τις οντότητες με τις οποίες έρχεται σε επαφή. Η ασφάλεια επομένως πρέπει να θεωρείται εξ αρχής ως αναπόσπαστο δομικό συστατικό της ΑΠΥ, και να ενσωματώνεται σε αυτήν ως ένα σύνολο υπηρεσιών, παρά ως μεμονωμένοι μηχανισμοί.

Οι ευρέως διαδεδομένες απαιτήσεις ασφαλείας που πρέπει να ικανοποιούνται από μια ΑΠΥ είναι οι ακόλουθες [1]:

- **Αυθεντικοποίηση (authentication).** Είναι ο τρόπος με τον οποίο μία οντότητα αναγνωρίζεται μοναδικά σε μία επικοινωνία και επιβεβαιώνεται η ταυτότητά της.
- **Ακεραιότητα (integrity).** Διασφάλιση ότι κάθε σύστημα, πόρος, αρχείο και γενικά κάθε πληροφορία μπορεί να τροποποιηθεί μόνο από εξουσιοδοτημένες οντότητες.
- **Εμπιστευτικότητα (confidentiality).** Διασφάλιση ότι η πρόσβαση στα δεδομένα και γενικά στο περιεχόμενο πληροφοριών επιτρέπεται μόνο σε εξουσιοδοτημένες οντότητες.
- **Μη άρνηση της ευθύνης (non-repudiation).** Διασφάλιση ότι μια οντότητα δεν μπορεί να αποποιηθεί τις πράξεις της με χρήση κρυπτογραφικών δεδομένων.
- **Διαθεσιμότητα (availability).** Διασφάλιση ότι το σύστημα θα ικανοποιεί τους στόχους του με ένα καθορισμένο επίπεδο ευστοχίας.

Για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ασφαλείας που αναφέρθηκαν προηγουμένως, μια ΑΠΥ πρέπει να ενσωματώνει ένα κατάλληλο σύνολο από Υπηρεσίες Ασφαλείας (Security Services). Σκοπός μιας Υπηρεσίας Ασφαλείας είναι να ικανοποιεί μία ή περισσότερες απαιτήσεις ασφαλείας. Οι σημαντικότερες υπηρεσίες και μηχανισμοί ασφαλείας αναπτύσσονται στη συνέχεια:

- **Μηχανισμοί ψηφιακών υπογραφών.** Για την ενσωμάτωση της ταυτότητας μιας οντότητας με ένα σύνολο δεδομένων και την εξασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων αυτών οι μηχανισμοί ψηφιακών υπογραφών (Digital Signatures) [2] χρησιμοποιούν μεθόδους κρυπτογράφησης. Οι απλές ψηφιακές υπογραφές ικανοποιούν τις απαιτήσεις για ακεραιότητα και αυθεντικοποίηση.
- **Μηχανισμοί προηγμένων ηλεκτρονικών υπογραφών.** Οι μηχανισμοί προηγμένων ηλεκτρονικών υπογραφών (XML Advanced Electronic Signatures - XAdES) [3] αναβαθμίζουν ουσιαστικά τις απλές ψηφιακές υπογραφές συνδυάζοντάς τις με χρονοσφραγίδες και υλοποιούν επίσης το κρυπτογραφικό “δέσιμο” της υπογραφής με μια πολιτική υπογραφής που εδραιώνει τη νομική της αξία στα πλαίσια ενός οργανισμού. Οι μηχανισμοί προηγμένων ηλεκτρονικών υπογραφών καλύπτουν την απαίτηση για μη άρνηση της ευθύνης.
- **Μηχανισμοί κρυπτογράφησης.** Οι μηχανισμοί κρυπτογράφησης υλοποιούνται με χρήση αλγορίθμων κρυπτογράφησης προκειμένου να κρυπτογραφούν και να αποκρυπτογραφούν δεδομένα. Καλύπτουν την απαίτηση της εμπιστευτικότητας.

- **Υπηρεσίες διαχείρισης ταυτότητας.** Η διαχείριση των ταυτοτήτων των χρηστών γίνεται από τις υπηρεσίες διαχείρισης ταυτότητας, ανάλογα με τους επιχειρηματικούς στόχους μιας ΑΠΥ. Για παράδειγμα, μια τέτοια υπηρεσία είναι δυνατόν να προσφέρει ανωνυμία στους χρήστες. Οι υπηρεσίες διαχείρισης ταυτότητας ικανοποιούν την απαίτηση για αυθεντικοποίηση και συνήθως κάνουν χρήση της υπηρεσίας Ψηφιακών Υπογραφών.
- **Υπηρεσίες ελέγχου πρόσβασης.** Η διαχείριση της πρόσβασης σε πόρους της αρχιτεκτονικής γίνεται από τις υπηρεσίες ελέγχου πρόσβασης με χρήση της υπηρεσίας διαχείρισης ταυτότητας προκειμένου να επιτρέπουν ή να απορρίπτουν την οποιαδήποτε πρόσβαση ή επεξεργασία πόρων. Ικανοποιούν τις απαιτήσεις για ακεραιότητα, εμπιστευτικότητα και διαθεσιμότητα.
- **Υπηρεσίες χρονοσφράγισης.** Προκειμένου να ληφθούν πιστοποιημένα δεδομένα χρόνου που είναι κρυπτογραφικά δεμένα με ένα σύνολο δεδομένων οι υπηρεσίες χρονοσφράγισης επιτρέπουν την επικοινωνία με μια Έμπιστη Τρίτη Οντότητα. Συνδυαστικά με τους μηχανισμούς προηγμένων ψηφιακών υπογραφών, καλύπτουν την απαίτηση για μη άρνηση της ευθύνης.
- **Υπηρεσίες διαχείρισης κλειδιών και πιστοποιητικών.** Η διαχείριση των κλειδιών και των πιστοποιητικών των οντοτήτων που εμπλέκονται στην ΑΠΥ γίνεται από την υπηρεσία διαχείρισης κλειδιών και πιστοποιητικών. Χρησιμοποιούνται από τις υπηρεσίες διαχείρισης ταυτότητας και τους μηχανισμούς κρυπτογράφησης και ψηφιακών υπογραφών, για τη λήψη κλειδιών και τον έλεγχο της εγκυρότητας των υπογεγραμμένων δεδομένων.

Όλοι οι παραπάνω μηχανισμοί και υπηρεσίες ασφαλείας σε μία αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες υλοποιούνται με την ολοκλήρωση και τον συντονισμό λύσεων που φασίζονται σε πρότυπα ασφάλειας εφαρμογών, υπηρεσιών ιστού και βάσεων δεδομένων, τα οποία θα περιγραφούν στη συνέχεια.

## 3.2 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

### 3.2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

Κρυπτογραφία (cryptography) είναι η μελέτη τεχνικών βασισμένων σε μαθηματικά προβλήματα με δύσκολη επίλυση, με σκοπό την εξασφάλιση της ασφάλειας (αυθεντικοποίηση, ακεραιότητα, εμπιστευτικότητα) των δεδομένων. Κρυπτανάλυση (cryptanalysis) είναι η μελέτη μαθηματικών τεχνικών για την προσβολή κρυπτογραφικών υπηρεσιών ή τεχνικών ασφάλειας και κρυπτολογία (cryptography) είναι ο συνδυασμός της κρυπτογραφίας και κρυπτανάλυσης σε έναν ενιαίο επιστημονικό κλάδο.

Η κρυπτογράφηση αποτελεί εφαρμογή της κρυπτογραφίας και περιλαμβάνει τον μετασχηματισμό δεδομένων σε μορφή που να είναι αδύνατον να αναγνωσθεί χωρίς τη γνώση της σωστής ακολουθίας ψηφιακών δεδομένων (bits). Η ακολουθία bit ονομάζεται “κλειδί” και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με κατάλληλο αλγόριθμο/συνάρτηση. Η αποκρυπτογράφηση είναι η αντίστροφη διαδικασία και απαιτεί επίσης γνώση του κατάλληλου κλειδιού (ίδιου ή και διαφορετικού με αυτό της κρυπτογράφησης). Στόχος της κρυπτογράφησης είναι να εξασφαλίσει το απόρρητο των δεδομένων κρατώντας τα κρυφά από όλους όσους έχουν πρόσβαση σε αυτά.

Η κρυπτογραφία εφαρμόζεται σε δεδομένα (ή μηνύματα) που διακινούνται μεταξύ οντοτήτων με σκοπό να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ακεραιότητας και εμπιστευτικότητας που αυτά έχουν. Ένα παράδειγμα εφαρμογής της κρυπτογραφίας μπορεί να είναι σε μηνύματα που μεταφέρονται πάνω από ανοιχτά δίκτυα προκειμένου να προστατευθούν από υποκλοπή. Αυτό σημαίνει ότι το κρυπτογραφημένο μήνυμα δεν επιτρέπει σε κανέναν να το διαβάσει καθώς αυτό περνάει από τους διάφορους κόμβους του δικτύου μέχρι να φτάσει στον παραλήπτη του. Όσον αφορά την ακεραιότητα, η κρυπτογραφία μπορεί να αποτρέψει κάποιον από το να εισάγει, μεταβάλλει ή διαγράψει bits στα δεδομένα ενός μηνύματος χωρίς αυτό να γίνει αντιληπτό από τον παραλήπτη του. Τα κρυπτογραφικά κλειδιά είναι ουσιαστικά μεγάλοι τυχαίοι αριθμοί που ελέγχουν τη διαδικασία της κρυπτογράφησης.

Η κρυπτογραφία διακρίνεται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Την Συμμετρική Κρυπτογραφία, και
- Την Ασύμμετρη Κρυπτογραφία ή Κρυπτογραφία Δημοσίου Κλειδιού.

Στην συμμετρική κρυπτογραφία χρησιμοποιείται το ίδιο κρυπτογραφικό κλειδί, το οποίο είναι πλέον γνωστό ως μυστικό κλειδί (secret key) για να κρυπτογραφήσει και να αποκρυπτογραφήσει την πληροφορία. Ειδικότερα, οι οντότητες που θέλουν να επικοινωνήσουν λαμβάνουν τα κλειδιά τους με χρήση ενός ασφαλούς μέσου (ενδεχομένως και εκτός δικτύου) και πρέπει να τα προστατεύσουν προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι μόνο οι εξουσιοδοτημένες οντότητες μπορούν να χρησιμοποιήσουν την πληροφορία. Δύο βασικά μειονεκτήματα τα οποία χαρακτηρίζουν την συμμετρική κρυπτογραφία είναι:

- Η δυσκολία διαχείρισης των κλειδιών όσο μεγαλώνει ο αριθμός των οντοτήτων και
- Η αδυναμία να αποδειχτεί από πού ξεκίνησε το κρυπτογραφημένο μήνυμα από τη στιγμή που και οι δύο οντότητες χρησιμοποιούν το ίδιο κλειδί.

Γνωστοί αλγόριθμοι συμμετρικής κρυπτογραφίας είναι ο Data Encryption Standard – DES (NIST 1988) [DES], ο Triple DES – 3DES [TDEA], ο Advanced Encryption Standard – AES (NIST 2001) [AES], ο RC4, ο IDEA, ο Camelia και ο Blowfish.

Στην κρυπτογραφία δημοσίου κλειδιού ή ασύμμετρη κρυπτογραφία χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικά αλλά μαθηματικά συσχετιζόμενα κλειδιά. Η χρήση του ενός μπορεί να γίνει χωρίς να είναι δυνατή η εύρεση του άλλου. Στην κρυπτογραφία δημοσίου κλειδιού το δημόσιο κλειδί μπορεί να δημοσιοποιηθεί σε οποιοδήποτε θέλει να κάνει μια συναλλαγή με την οντότητα που κρατάει το ιδιωτικό κλειδί. Η διανομή του δημοσίου κλειδιού γίνεται εύκολα και απλά και το μόνο που χρειάζεται είναι να κρατηθεί κρυφό το ιδιωτικό κλειδί και να μπορεί να το χρησιμοποιεί μόνο ο ιδιοκτήτης του. Ο πιο δημοφιλής, ίσως, αλγόριθμος δημοσίου κλειδιού είναι ο RSA, που πήρε το όνομά του από τα αρχικά των ονομάτων αυτών που τον ανακάλυψαν, και πιο συγκεκριμένα, από τους R. Rivest, A. Shamir και L. Adleman. Άλλοι αλγόριθμοι ασύμμετρης κρυπτογραφίας είναι ο ElGamal, ο Digital Signature Standard (DSS) και το κρυπτο-σύστημα Paillier. Στην κρυπτογραφία δημοσίου κλειδιού για την κρυπτογράφηση δεδομένων γίνεται χρήση του δημοσίου κλειδιού και το ιδιωτικό κλειδί χρησιμοποιείται μόνο για την αποκρυπτογράφηση τους. Η κρυπτογράφηση δεδομένων μπορεί να γίνει από όποια οντότητα γνωρίζει το δημόσιο κλειδί και η αποκρυπτογράφηση μπορεί να γίνει από τον έναν και μοναδικό κάτοχο του ιδιωτικού κλειδιού. Προκειμένου να λειτουργήσει σωστά η κρυπτογραφία δημοσίου κλειδιού τα ιδιωτικά κλειδιά πρέπει να προστατεύονται. Η ασύμμετρη κρυπτογραφία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μη παραποιούμενων ψηφιακών υπογραφών βασισμένων στο ιδιωτικό κλειδί κάποιου χρήστη. Περισσότερες λεπτομέρειες για τις ψηφιακές υπογραφές και πώς δημιουργούνται παρατίθενται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

Κατά τη διεκπεραίωση κρυπτογραφικών λειτουργιών λαμβάνουν χώρα βασικοί μηχανισμοί και διαδικασίες στηριγμένοι σε διαδεδομένα πρότυπα και προτυποποιήσεις. Συνήθως, η χρήση των μηχανισμών αυτών αποτελεί στοιχειώδες βήμα μιας συνολικότερης κρυπτογραφικής λειτουργίας. Πιο συγκεκριμένα, οι μηχανισμοί αυτοί είναι:

- **Συμφωνία κλειδιών.** Προκειμένου να επιτευχθεί ασφαλής συμφωνία μεταξύ δύο οντοτήτων, όσον αφορά την πληροφορία κρυπτογραφικών κλειδιών μυστικά πάνω από ένα δίκτυο, χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα συμφωνίας κλειδιών (Key Agreement Protocols) [4] τα οποία είναι θεμιτό να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:
  - **Γνωστά κλειδιά συνόδου:** Παρά το γεγονός ότι κάποιος έχει υποκλέψει κάποια από τα κλειδιά προηγούμενων συνόδων το πρωτόκολλο επιτυγχάνει το στόχο του.
  - **(Τέλεια) πρόσθια μυστικότητα (perfect forward secrecy):** Η μυστικότητα προηγούμενων κλειδιών συνόδων δεν επηρεάζεται ακόμα και αν κάποιο από τα κρυπτογραφικά μυστικά που χρησιμοποιούνται για μία ή περισσότερες οντότητες υποκλαπούν.
  - **Άγνωστο μοίρασμα κλειδιού:** Μία οντότητα A δεν μπορεί να εξαναγκαστεί να μοιραστεί το κλειδί της με την οντότητα B χωρίς η A να το γνωρίζει, για παράδειγμα όταν η A πιστεύει ότι μοιράζεται το κλειδί με μια οντότητα Γ που είναι διαφορετική της B.

- **Απομίμηση με υποκλοπή κλειδιού:** Εάν υποθέσουμε ότι το κρυπτογραφικό μυστικό της οντότητας  $A$  που χρησιμοποιείται στη συμφωνία υποκλέπεται, τότε ο υποκλοπέας που γνωρίζει τη τιμή του μπορεί να υποδυθεί την οντότητα  $A$ , εφόσον αυτή η τιμή ακριβώς χαρακτηρίζει την οντότητα  $A$ . Παρόλα αυτά, ενδέχεται αυτή η απώλεια να μην επιτρέπει στον υποκλοπέα να υποδυθεί το ρόλο άλλων οντοτήτων πέραν της  $A$ .
- **Απώλεια πληροφορίας:** Αν μια πληροφορία που υπο κανονικές συνθήκες δεν θα ήταν διαθέσιμη υποκλαπεί, δεν επηρεάζεται η ασφάλεια του πρωτοκόλλου.
- **Ανεξαρτησία μηνυμάτων:** Ανεξάρτητες ροές ενός πρωτοκόλλου που “τρέχουν” ανάμεσα σε δύο έντιμες οντότητες δε σχετίζονται μεταξύ τους.

Γνωστά πρωτόκολλα συμφωνίας κλειδιών είναι τα Diffie-Hellman [DH], Station-To-Station [STS] (βασίζεται στο Diffie-Hellman) και η αυθεντικοποίηση με τον Κέρβερο [Kerberos].

- **Συναρτήσεις κατακερματισμού.** Μια συνάρτηση κατακερματισμού (Hash Function) [5]  $H(x)$  είναι ένας μεσχηματισμός που λαμβάνει μια είσοδο  $m$ , μεταβλητού μήκους, και επιστρέφει μια σταθερού μήκους συμβολο-ακολουθία, που ονομάζεται τιμή της συνάρτησης  $h$ , δηλαδή  $h = H(m)$ . Οι συναρτήσεις κατακερματισμού, με αυτή την ιδιότητα, βρίσκουν εφαρμογή σε μια πληθώρα περιπτώσεων, αλλά όταν χρησιμοποιούνται στην κρυπτογραφία συνήθως επιλέγονται ώστε να διαθέτουν και επιπλέον ιδιότητες. Μια κρυπτογραφική συνάρτηση κατακερματισμού πρέπει να πληρεί τις ακόλουθες βασικές απαιτήσεις:
  - Η είσοδος να είναι οποιουδήποτε μήκους.
  - Η έξοδος να έχει σθερό μέγεθος.
  - Για οποιοδήποτε δεδομένο  $x$  να είναι εύκολο να υπολογιστεί η  $H(x)$ .
  - Η  $H(x)$  είναι μονόδρομη (one-way).
  - Η  $H(x)$  είναι ανθεκτική σε συγκρούσεις (collision-free).

Μία συνάρτηση κατακερματισμού  $H(x)$  καλείται μονόδρομη όταν είναι δύσκολο να αντιστραφεί. Ο όρος “δύσκολο” σημαίνει ότι είναι υπολογιστικά αδύνατο να βρεθεί κάποια είσοδος  $x$  για μια δεδομένη τιμή της συνάρτησης  $h$ , έτσι ώστε  $H(x) = h$ . Επίσης, μία συνάρτηση κατακερματισμού  $H(x)$  χαρακτηρίζεται ασθενώς ανθεκτική στις συγκρούσεις (weakly collision-free), εάν για ένα δεδομένο μήνυμα  $x$ , είναι υπολογιστικά αδύνατο να βρεθεί ένα μήνυμα  $y$  το οποίο να είναι διαφορετικό από το  $x$  έτσι ώστε  $H(x) = H(y)$ . Ενώ, μία συνάρτηση κατακερματισμού  $H(x)$  για την οποία είναι υπολογιστικά αδύνατο να βρεθούν οποιαδήποτε δύο μηνύματα  $x$  και  $y$  για τα οποία  $H(x) = H(y)$ , χαρακτηρίζεται ισχυρά ανθεκτική στις συγκρούσεις (strongly collision-free). Η τιμή της συνάρτησης κατακερματισμού αναπαριστά με συνέπεια το μήνυμα ή έγγραφο από το οποίο υπολογίστηκε. Πρακτικά, παρουσιάζει συνοπτικά το μεγαλύτερο μήνυμα ή έγγραφο και για το λόγο αυτό καλείται και σύνοψη μηνύματος (message digest ή hash). Η τιμή αυτή θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα “ψηφιακό δακτυλικό αποτύπωμα” (digital fingerprint) του εγγράφου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των πλέον διαδεδομένων συναρτήσεων κατακερματισμού είναι οι MD2 (Message-Digest 2), MD5 (Message-Digest 5) και SHA1 (Secure Hash Algorithm 1). Μία βασική χρήση των κρυπτογραφικών συναρτήσεων κατακερματισμού επιτελείται κατά την παροχή ψηφιακών υπογραφών, όπου συνδυάζονται με κρυπτογραφία δημοσίου κλειδιού. Τέλος, η τιμή μιας συνάρτησης κατακερματισμού μπορεί να δημοσιευθεί χωρίς να αποκαλύπτονται τα περιεχόμενα του εγγράφου από το οποίο προκύπτει. Αυτή η ιδιότητα των συναρτήσεων κατακερματισμού βρίσκει εφαρμογή στην ψηφιακή χρονοσφράγιση (digital timestamping) όπου, χρησιμοποιώντας συναρτήσεις κατακερματισμού, μπορεί κάποιος να λάβει ένα χρονοσφραγισμένο έγγραφο χωρίς να αποκαλύπτει τα περιεχόμενα του εγγράφου στην υπηρεσία χρονοσφράγισης.

- **Αλγόριθμοι κρυπτογράφησης τμημάτων.** Ένας τύπος αλγορίθμων συμμετρικής κρυπτογράφησης είναι οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης τμημάτων (block ciphers) [6] που μετατρέπουν ένα τμήμα μη κρυπτογραφημένου κειμένου, καθορισμένου μεγέθους (plaintext), σε ίδιου μεγέθους τμήμα κρυπτογραφημένου κειμένου (ciphertext). Για το μετασχηματισμό αυτό χρησιμοποιείται ένα μυστικό

κλειδί που παρέχεται από τον χρήστη. Η αποκρυπτογράφηση γίνεται, χρησιμοποιώντας το ίδιο μυστικό κλειδί, εφαρμόζοντας τον αντίθετο μετασχηματισμό. Το καθορισμένο μήκος καλείται μέγεθος τμήματος (block size). Η λειτουργία των αλγορίθμων τμημάτων είναι επαναληπτική, κρυπτογραφώντας ένα τμήμα διαδοχικά πολλές φορές. Ο ίδιος μετασχηματισμός εφαρμόζεται στα δεδομένα σε κάθε γύρο χρησιμοποιώντας ένα υπο-κλειδί. Όλα τα υπο-κλειδιά προέρχονται από το μυστικό κλειδί που χορήγησε ο χρήστης, με ειδική συνάρτηση. Το σύνολο των υποκλειδιών καλείται πρόγραμμα κλειδιών. Ανάλογα με το επιθυμητό επίπεδο ασφαλείας και την απόδοση του συστήματος καθορίζεται ο αριθμός των επαναλήψεων του επαναληπτικού αλγορίθμου. Ο αυξημένος αριθμός επαναλήψεων βελτιώνει την προσφερόμενη ασφάλεια στις περισσότερες περιπτώσεις, αλλά για μερικούς αλγορίθμους ο αριθμός των επαναλήψεων που απαιτούνται για να επιτευχθεί ικανοποιητική ασφάλεια είναι πολύ μεγάλος για να πραγματοποιηθεί. Γνωστοί αλγόριθμοι τμημάτων είναι οι αλγόριθμοι Feistel, οι οποίοι καλούνται και DES-like ciphers, ο DES (Data Encryption Standard) και ο AES (Advanced Encryption Standard).

- **Αλγόριθμοι κρυπτογράφησης ροών.** Ένας αλγόριθμος κρυπτογράφησης ροών (Stream cipher) [7] αποτελεί, και αυτός έναν τύπο αλγορίθμου συμμετρικής κρυπτογράφησης. Είναι κατά πολύ ταχύτεροι από τους αλγόριθμους κρυπτογράφησης τμημάτων γιατί, σε αντίθεση με αυτούς, λειτουργούν με μικρότερες μονάδες απλού κειμένου, συνήθως με bits. Κρυπτογραφώντας ένα συγκεκριμένο κείμενο με έναν αλγόριθμο τμήματος καταλήγουμε πάντα στο ίδιο αποτέλεσμα όταν χρησιμοποιούμε το ίδιο κλειδί. Με έναν αλγόριθμο ροών όμως, ο μετασχηματισμός των μικρότερων αυτών μονάδων θα ποικίλει, κατά τη διάρκεια της κρυπτογράφησης, ανάλογα με το πότε λαμβάνονται. Ένας αλγόριθμος ροών παράγει μια ακολουθία από bits που χρησιμοποιείται σαν κλειδί και καλείται κλειδοροή (keystream). Για την κρυπτογράφηση συνδυάζεται η κλειδοροή με το plaintext, συνήθως μέσω πράξης X-OR. Η παραγωγή της κλειδοροής μπορεί να είναι ανεξάρτητη του ciphertext και του plaintext (οπότε μιλάμε για σύγχρονο αλγόριθμο – synchronous stream cipher) ή μπορεί να εξαρτάται από αυτά (οπότε μιλάμε για αυτοσυγχρονιζόμενο αλγόριθμο – self-synchronized stream cipher). Οι περισσότεροι αλγόριθμοι ροών είναι σύγχρονοι. Ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος αλγόριθμος ροών είναι ο RC4. Άλλοι γνωστοί αλγόριθμοι ροών είναι οι A5/1, A5/2 (χρησιμοποιούνται στην τηλεφωνία) και ο ISAAC.
- **Ψηφιακές υπογραφές.** Στην ασύμμετρη κρυπτογραφία το γεγονός ότι το ιδιωτικό κλειδί το έχει μόνο ο ιδιοκτήτης του, σημαίνει ότι το αποτέλεσμα οποιασδήποτε συνάρτησης χρησιμοποιεί το κλειδί αυτό, μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει επιτελεστεί από τον συγκεκριμένο ιδιοκτήτη και κανέναν άλλο. Μία ψηφιακή υπογραφή [2] δημιουργείται από τη χρήση του ιδιωτικού κλειδιού με σκοπό να “υπογραφούν” ηλεκτρονικά δεδομένα, με τέτοιο τρόπο που να μην μπορεί να πλαστογραφηθεί. Αρχικά, εφαρμόζεται μια συνάρτηση κατακερματισμού  $h(x)$  στο κείμενο που πρόκειται να υπογραφεί. Στη συνέχεια, κρυπτογραφείται η σύνοψη που προκύπτει με το ιδιωτικό κλειδί του υπογράφοντος σύμφωνα με έναν συγκεκριμένο αλγόριθμο με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας κρυπτογραφημένης σύνοψης. Αυτή ακριβώς η κρυπτογραφημένη σύνοψη αποτελεί την “ψηφιακή υπογραφή” και αποστέλλεται μαζί με το κείμενο στον παραλήπτη, συνοδευόμενη από το δημόσιο κλειδί του αποστολέα. Προκειμένου να επαληθευτεί η ψηφιακή υπογραφή ακολουθείται μια παρόμοια διαδικασία που αποτελείται από δύο διαφορετικές διαδικασίες. Στην πρώτη διαδικασία, για να αποκρυπτογραφηθεί η σύνοψη, χρησιμοποιείται ο ίδιος αλγόριθμος μαζί με το δημόσιο κλειδί του αποστολέα. Στη δεύτερη διαδικασία, για να ληφθεί και πάλι η σύνοψη του κειμένου, χρησιμοποιείται η ίδια συνάρτηση κατακερματισμού  $h(x)$  που εφαρμόστηκε και κατά τη δημιουργία της υπογραφής. Στο τελευταίο στάδιο συγκρίνονται οι δύο συνόψεις που έχουν προκύψει. Σε περίπτωση που είναι τελείως όμοιες η ψηφιακή υπογραφή είναι έγκυρη και άρα όντως υπογεγραμμένη από το συγκεκριμένο αποστολέα και χωρίς να έχει αλλοιωθεί κατά την αποστολή. Εάν όμως οι συνόψεις διαφέρουν τότε η υπογραφή είναι άκυρη. Το πιο σημαντικό κομμάτι για την επιτυχία των ψηφιακών υπογραφών είναι το πόσο εύκολο είναι ο παραλήπτης ενός μηνύματος να έχει πρόσβαση στο δημόσιο κλειδί του αποστολέα προκειμένου να είναι πάντα εφικτό να επαληθεύσει μια υπογραφή. Το γεγονός ότι η υπογραφή είναι μαθηματικά δεμένη με τα υπογεγραμμένα δεδομένα καθιστά τις ψηφιακές υπογραφές ισχυρότερες από τις γραπτές. Η ψηφιακή υπογραφή δεν μεταφέρεται από ένα κείμενο σε



ένα άλλο και αν γίνει οποιαδήποτε αλλαγή στα υπογεγραμμένα δεδομένα, ακυρώνεται η υπογραφή. Η ψηφιακή υπογραφή προσδίδει έλεγχο αυθεντικότητας ή αυθεντικοποίηση σε ένα μήνυμα, μιας και εξασφαλίζει ότι αυτό έχει προέλθει από έναν συγκεκριμένο χρήστη, ο οποίος είναι και ο μοναδικός κάτοχος του ιδιωτικού κλειδιού που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της. Επίσης, η ψηφιακή υπογραφή προσδίδει έναν έλεγχο ακεραιότητας, προστατεύοντας το μήνυμα από μη εξουσιοδοτημένη παραποίηση. Τέλος, μια ψηφιακή υπογραφή σε συνδυασμό με κατάλληλα δεδομένα χρόνου μπορεί να παρέχει ένα μέρος της υπηρεσίας μη-άρνησης της ευθύνης.

- **Κώδικες Αυθεντικοποίησης Μηνυμάτων.** Ένας Κώδικας Αυθεντικοποίησης Μηνύματος - KAM (Message Authentication Code - MAC) [8] είναι ένα κομμάτι πληροφορίας που χρησιμοποιείται για την αυθεντικοποίηση ενός μηνύματος. Ένας αλγόριθμος KAM δέχεται ένα μυστικό κλειδί ως είσοδο μαζί με ένα μήνυμα τυχαίου μεγέθους (το οποίο θέλουμε να αυθεντικοποιήσουμε) και δίνει ως έξοδο το MAK (ή ετικέτα όπως αλλιώς αναφέρεται - tag). Οι συναρτήσεις που παράγουν MAK είναι παρόμοιες με τις συναρτήσεις κατακερματισμού, με διαφορετικές όμως απαιτήσεις ασφαλείας. Για να θεωρείται ασφαλής, ένας MAK πρέπει να μπορεί να αντισταθεί σε πλαστογραφία κατόπιν επιθέσεως. Ουσιαστικά αυτό σημαίνει ότι ακόμα και αν κάποιος επιτιθέμενος έχει πρόσβαση σε ένα μηχανισμό που κατέχει το μυστικό κλειδί και μπορεί να δημιουργεί MAK για μηνύματα, δεν θα μπορεί ποτέ να μαντέψει το MAK ενός μηνύματος για το οποίο δεν έχει ρωτήσει ακόμα ο μηχανισμός αυτός (θα είναι δηλαδή υπολογιστικά αδύνατο). Η διαφορά τους από τις ψηφιακές υπογραφές είναι ότι οι KAM υπολογίζονται και επαληθεύονται με το ίδιο κλειδί, οπότε μόνο ο παραλήπτης που το έχει μπορεί να τους επαληθεύσει. Οι KAM κατηγοριοποιούνται ως:
  - Ασφαλείς χωρίς συνθήκες.
  - Βασισμένοι σε συναρτήσεις κατακερματισμού.
  - Βασισμένοι σε αλγορίθμους ροών (stream ciphers).
  - Βασισμένοι σε αλγορίθμους τμημάτων (block ciphers).

Έναν ασφαλή χωρίς συνθήκες KAM πρότειναν οι Simmons και Stinson που βασίζεται σε κρυπτογράφηση με χρήση ενός one-time pad. Το ciphertext του μηνύματος εφόσον δεν έχει κανένας άλλος πρόσβαση στο one-time pad αυθεντικοποιεί τον εαυτό του. Θα πρέπει παρόλα αυτά να υπαρχει πλεονασμός πληροφορίας στο μήνυμα. Ένας ασφαλής KAM χωρίς συνθήκες μπορεί να ληφθεί επίσης με τη χρήση ενός μυστικού κλειδιού μιας χρήσης (one-time secret key). Οι KAM που βασίζονται σε συναρτήσεις κατακερματισμού χρησιμοποιούν ένα ή περισσότερα κλειδιά σε συνδυασμό με μια συνάρτηση κατακερματισμού προκειμένου να παράγουν ένα άθροισμα ελέγχου που προστίθεται στο μήνυμα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο αλγόριθμος keyed-MD5.

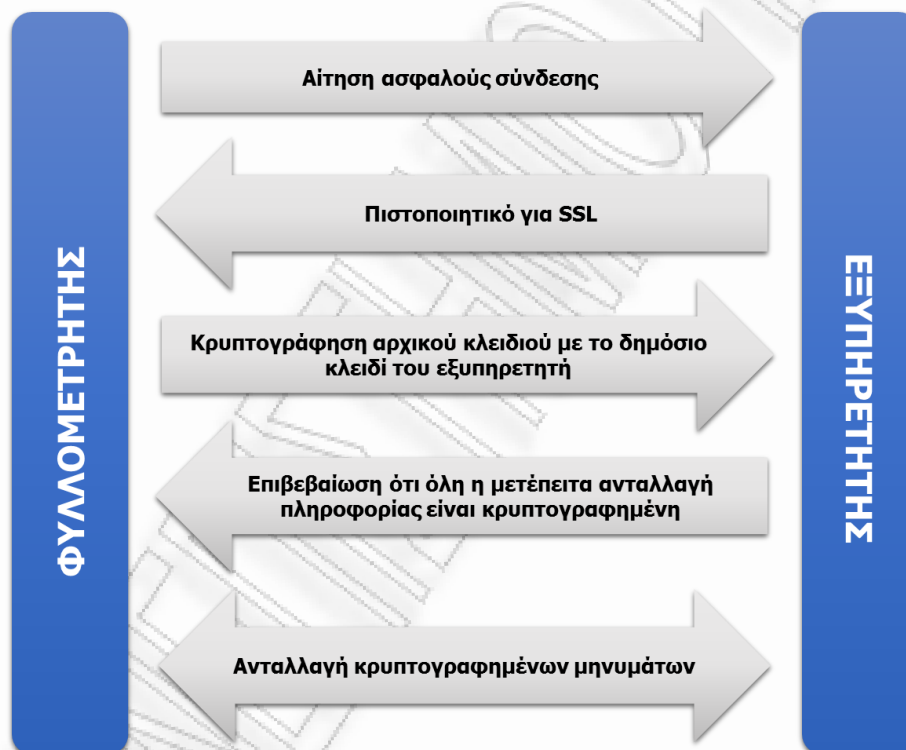
### 3.2.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Στη συνέχεια θα μιλήσουμε για τα πρωτόκολλα ασφαλείας καναλιών, το SSL (Secure Sockets Layer) [9] και την εξέλιξή του το TLS (Transport Layer Security) [10].

Το SSL αποτελεί ένα πρωτόκολλο ασφαλείας που αναπτύχθηκε από την Netscape Communications Corporation, σε συνεργασία με την RSA Data Security, Inc. Ο κύριος στόχος του πρωτοκόλλου SSL είναι να παρέχει ένα ιδιωτικό κανάλι μεταξύ των εφαρμογών επικοινωνίας, το οποίο να εξασφαλίζει τη μυστικότητα των δεδομένων, την αυθεντικοποίηση των εμπλεκόμενων μερών και την ακεραιότητα. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα νέο στρώμα στην αρχιτεκτονική του IP πρωτοκόλλου και βρίσκεται ανάμεσα στην HTTP εφαρμογή και στο TCP, ενεργώντας σαν ένα ξεχωριστό πρωτόκολλο ασφαλείας. Στην πραγματικότητα το SSL τρέχει πάνω από το TCP/IP και κάτω από τη διεπαφή ανάμεσα στο στρώμα Δικτύου (Network Layer) και στο στρώμα Εφαρμογής (Application Layer). Ενεργώντας επομένως σαν νέο πρωτόκολλο, το SSL απαιτεί μερικές αλλαγές από στα πρωτόκολλα που βρίσκονται πάνω και κάτω από αυτό. Η επικοινωνία ανάμεσα στην εφαρμογή HTTP και στο SSL πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως με το TCP απουσία της ασφάλειας. Όσον αφορά τώρα στο TCP, το SSL αποτελεί άλλη μια εφαρμογή που χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του. Το SSL χρησιμοποιείται και σε άλλα δικτυακά πρωτόκολλα για να προσθέσει ασφάλεια, όπως είναι το Net Transfer Protocol (NTP), το

File Transfer Protocol (FTP), το Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) και το Internet Messaging Access Protocol (IMAP), τα οποία τρέχουν πάνω από το TCP/IP με την έννοια ότι όλα χρησιμοποιούν το TCP/IP για να υποστηρίξουν τους στόχους τους.

Ο σχεδιασμός του πρωτοκόλλου SSL έγινε για να παρέχεται μυστικότητα στην επικοινωνία μεταξύ δύο εφαρμογών (ενός πελάτη (client) και ενός εξυπηρετητή (server)). Η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι ο πελάτης να είναι ένας φυλλομετρητής ιστού. Το πρωτόκολλο σχεδιάστηκε έτσι ώστε να επιτρέπει την αυθεντικοποίηση ενός εξυπηρετητή σε έναν πελάτη (SSL Server Authentication), την αυθεντικοποίηση του πελάτη στον εξυπηρετητή (SSL Client Authentication) και τέλος να επιτρέπει τη δημιουργία κρυπτογραφημένης σύνδεσης μεταξύ τους, παρέχοντας κατά συνέπεια και έναν υψηλό βαθμό εμπιστευτικότητας. Η εμπιστευτικότητα είναι σημαντική για αμφότερα τα συμβαλλόμενα μέρη σε οποιαδήποτε “ιδιωτική” συναλλαγή. Επιπλέον, τα στοιχεία που στέλνονται μέσω μιας κρυπτογραφημένης σύνδεσης SSL προστατεύονται με έναν μηχανισμό ο οποίος ανιχνεύει τις αλλαγές που έχουν γίνει στα δεδομένα κατά τη μεταφορά τους από την πηγή στον προορισμό. Σε υψηλό επίπεδο η διαδικασία φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



**Σχήμα 3.1: Διαδικασία εδραίωσης επικοινωνίας πάνω από το SSL.**

Το πρωτόκολλο SSL εμπεριέχει δύο υπο-πρωτόκολλα: το Πρωτόκολλο Καταγραφής SSL (SSL record protocol) και το Πρωτόκολλο Χειραψίας SSL (SSL Handshake protocol). Το πρώτο καθορίζει τη μορφή με την οποία αναμεταδίδονται τα δεδομένα, ενώ το δεύτερο χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο καταγραφής για την ανταλλαγή μιας σειράς μηνυμάτων μετά του εξυπηρετητή και του πελάτη όταν ο πρώτος ξεκινάει μια σύνδεση SSL μεταξύ τους. Αυτή η ανταλλαγή των μηνυμάτων έχει σαν σκοπό να διευκολύνει τις ακόλουθες ενέργειες:

- Αυθεντικοποίηση του εξυπηρετητή στον πελάτη που θέλει να εξυπηρετηθεί.

- Δυνατότητα στον εξυπηρετητή και στον εξυπηρετούμενο να επιλέξουν τον κρυπτογραφικό αλγόριθμο που θα χρησιμοποιηθεί βάσει όσων υποστηρίζουν.
- Αυθεντικοποίηση του πελάτη στον εξυπηρετητή (προαιρετικά).
- Χρησιμοποίηση κρυπτογράφησης δημοσίου κλειδιού για τη δημιουργία κοινών μυστικών.
- Δημιουργία μιας κρυπτογραφημένης σύνδεσης SSL.

Το πλεονέκτημα του SSL είναι ότι είναι ανεξάρτητο πρωτόκολλο εφαρμογής. Ένα πρωτόκολλο εφαρμογής “υψηλού επιπέδου” (HTTP, FTP, TELNET, κλπ.) μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από το πρωτόκολλο SSL διαφανώς. Το πρωτόκολλο SSL μπορεί να διαπραγματευτεί ένα κλειδί συνόδου και έναν κρυπτογραφικό αλγόριθμο τόσο καλά όσο και να αυθεντικοποιήσει έναν εξυπηρετητή προτού το πρωτόκολλο εφαρμογής να διαβιβάσει ή λάβει την πρώτη ψηφιολέξη δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο όλα τα δεδομένα του πρωτοκόλλου εφαρμογής διαβιβάζονται κρυπτογραφημένα, εξασφαλίζοντας την εμπιστευτικότητα. Το πρωτόκολλο SSL παρέχει την “ασφάλεια καναλιού” η οποία επιτυγχάνεται εφόσον:

- **Το κανάλι είναι ιδιωτικό:** Αφότου μια απλή ανταλλαγή μηνυμάτων χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει ένα μυστικό κλειδί η κρυπτογράφηση χρησιμοποιείται για όλα τα μηνύματα.
- **Το κανάλι επικυρώνεται:** Η επικύρωση του σημείου εξυπηρέτησης γίνεται πάντα ενώ η επικύρωση του σημείου τέλους πελατών γίνεται προαιρετικά.
- **Το κανάλι είναι αξιόπιστο:** Ένας έλεγχος ακεραιότητας μηνυμάτων (που χρησιμοποιεί έναν MAC) περιλαμβάνεται στη μεταφορά μηνυμάτων.

Για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων, το πρωτόκολλο SSL θα πρέπει να είναι εγκατεστημένο μόνο στον πελάτη (client). Δεν υπάρχει δυνατότητα δηλαδή για έναν πελάτη που δεν υποστηρίζει το SSL να πραγματοποιήσει μια ασφαλή σύνδεση εκμεταλλευόμενος μόνο το γεγονός ότι το υποστηρίζει ο εξυπηρετητής στον οποίο συνδέεται. Επιπλέον σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι το SSL παρέχει ασφαλή μεταφορά για τη σημείο-προς-σημείο κίνηση.

Οι βασικοί στόχοι του πρωτοκόλλου SSL, κατά σειρά προτεραιότητας, είναι:

- **Κρυπτογραφική ασφάλεια (Cryptographic Security):** Για να εγκατασταθεί μια ασφαλής σύνδεση μεταξύ των δύο συμβαλλόμενων μερών πρέπει να χρησιμοποιηθεί το SSL.
- **Διαλειτουργικότητα (Interoperability):** Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν το SLL πρέπει να είναι σε θέση να ανταλλάξουν επιτυχώς τις κρυπτογραφικές παραμέτρους χωρίς να χρειάζεται γνώση του κώδικα.
- **Επεκτασιμότητα (Extensibility):** Το SSL επιδιώκει να παρέχει ένα πλαίσιο στο οποίο οι νέες μέθοδοι κρυπτογράφησης να μπορούν να ενσωματωθούν ανάλογα με τις ανάγκες.
- **Σχετική αποδοτικότητα (Relative Efficiency):** Το πρωτόκολλο SSL έχει ενσωματώσει μια προαιρετική διαδικασία αποθήκευσης συνόδων (optional session caching scheme) για να μειωθεί ο αριθμός των συνδέσεων που χρειάζεται να εγκατασταθούν από την αρχή. Αυτό έχει γίνει γιατί οι κρυπτογραφικές διαδικασίες είναι ιδιαίτερα απαιτητικές σε υπολογιστικό χρόνο (CPU time), ιδιαίτερα για διαδικασίες δημοσίου κλειδιού.

Οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης που χρησιμοποιούνται από το πρωτόκολλο SSL είναι οι εξής: DES, DSA (Digital Signature Algorithm), KEA (Key Exchange Algorithm), MD5, RC2 και RC4, RSA, SHA-1, SKIPJACK, Triple DES. Ο τρόπος με τον οποίο ο εξυπηρετητής και ο πελάτης καθορίζουν το συμμετρικό κλειδί που θα χρησιμοποιήσουν κατά τη διάρκεια της SSL σύνδεσης καθορίζεται από αλγόριθμους ανταλλαγής κλειδιών (Key Exchange) όπως είναι ο KEA και ο RSA keyexchange.

Όπως και ο προκάτοχός του, το πρωτόκολλο Transport Layer Security (TLS) παρέχει ασφάλεια στην επικοινωνία πάνω από το Διαδίκτυο για εφαρμογές όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η πλοήγηση με φυλλομετρητές ιστού, η ανταλλαγή άμεσων μηνυμάτων κλπ. Οι διαφορές ανάμεσα στο SSL και το TLS είναι μικρές και ουσιαστικά το πρωτόκολλο παραμένει το ίδιο. Το TLS βασίζεται στην έκδοση 3.0 του SSL. Παρόλα αυτά τα TLS 1.0 και SSL 3.0 δεν είναι διαλειτουργικά μεταξύ τους. Σε περίπτωση που δεν υποστηρίζεται το

ίδιο πρωτόκολλο και από τις δύο οντότητες, χρειάζεται να διαπραγματευτούν ένα άλλο κοινό πρωτόκολλο για να επικοινωνήσουν επιτυχώς.

Το πρωτόκολλο TLS δίνει τη δυνατότητα σε εφαρμογές να επικοινωνήσουν πάνω από ένα δίκτυο με τέτοιο τρόπο ώστε να εμποδίζεται πιθανή υποκλοπή, αλλοίωση και πλαστογραφία μηνυμάτων. Με χρήση κρυπτογραφίας το TLS παρέχει από άκρο-σε-άκρο αυθεντικοποίηση και εμπιστευτικότητα. Συνήθως, αυθεντικοποιείται μόνο ο εξυπηρετητής ενώ αντίθετα ο πελάτης παραμένει χωρίς έλεγχο ταυτότητας. Αυτό σημαίνει ότι ο τελικός χρήστης μπορεί να είναι σίγουρος με ποιόν επικοινωνεί. Η περίπτωση που και οι δυο πλευρές είναι σίγουρες με ποιον επικοινωνούν, είναι γνωστή ως αμοιβαία αυθεντικοποίηση και αποτελεί το επόμενο επίπεδο ασφαλείας. Το TLS λειτουργεί σε τρεις βασικές φάσεις:

1. Αμοιβαία διαπραγμάτευση για υποστήριξη κρυπτογραφικών αλγορίθμων.
2. Ανταλλαγή κλειδιών και αυθεντικοποίηση.
3. Συμμετρική κρυπτογράφηση και αυθεντικοποίηση μηνυμάτων.

Αρχικά, οι εφαρμογές πελάτη και εξυπηρετητής διαπραγματεύονται τα σύνολα κρυπτογραφικών αλγορίθμων ώστε να επιλεγούν στη συνέχεια οι αλγόριθμοι κρυπτογραφίας, ανταλλαγής κλειδιών και αυθεντικοποίησης, καθώς και οι KAM. Οι αλγόριθμοι ανταλλαγής κλειδιών και αυθεντικοποίησης είναι συνήθως αλγόριθμοι δημοσίου κλειδιού, ή στην περίπτωση του TLS-PSK χρησιμοποιούνται κλειδιά που έχουν προ-μοιραστεί στα δύο μέρη. Οι KAM κατασκευάζονται βάσει συναρτήσεων κατακερματισμού με βάση την HMAC. Τυπικοί αλγόριθμοι είναι:

- Για την ανταλλαγή κλειδιών: ο Diffie-Hellman, ο RSA, ο DSA, ο SRP, ο PSK.
- Συμμετρικοί αλγόριθμοι: RC4, 3DES, AES, Camelia
- Κρυπτογραφική συνάρτηση κατακερματισμού: HMAC-MD5 ή HMAC-SHA.

Τέλος, οι διαφορές μεταξύ SSL και TLS είναι οι ακόλουθες:

- Ο αλγόριθμος SSL Message Authentication Code αντικαθίσταται από τον αλγόριθμο HMAC (keyed-Hashing for Message Authentication Code). Αυτό έγινε γιατί οι συνόψεις του HMAC είναι πιο ασφαλές από του MAC.
- Πολλά καινούρια μηνύματα ειδοποιήσεων έχουν προστεθεί (alert messages).
- Στο TLS μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως όριο μια ενδιάμεση ρίζα με αποτέλεσμα να μην είναι πάντα απαραίτητο να συμπεριλαμβάνονται στη χειραψία όλα τα πιστοποιητικά μέχρι την Αρχή Πιστοποίησης ρίζα.
- Στο TLS καθορίζονται τιμές για την ολοκλήρωση των τμημάτων που χρησιμοποιούνται από τους κρυπτογραφικούς αλγόριθμους τμημάτων.
- Οι αλγόριθμοι Fortezza δεν περιλαμβάνονται στο RFC του TLS επειδή δεν είναι ανοιχτοί για δημόσια ανασκόπηση (πολιτική του IETF – Internet Engineering Task Force).
- Υπάρχουν κάποιες μικρές διαφορές σε ορισμένα πεδία μηνυμάτων.

### 3.2.3 ΑΣΦΑΛΕΙΑ XML

Η γλώσσα XML [11] είναι απόγονος της γλώσσας Standard General Markup Language (SGML), η οποία χρησιμοποιείται σε διεθνές επίπεδο, από το 1986, ως πρότυπο για τον προσδιορισμό ηλεκτρονικών δεδομένων. Η XML κατάφερε να αφαιρέσει πολλές από τις πολυπλοκότητες που είχε η SGML διατηρώντας όμως τα βασικά πλεονεκτήματα:

- Η XML αποτελεί μια γενικευμένη γλώσσα σήμανσης (markup) η οποία επιτρέπει σε αυτόν που τη χρησιμοποιεί να προσδιορίσει τη δική του συλλογή από στοιχεία-ετικέτες (tags).
- Τα έγγραφα της XML είναι δυνατόν να αυτο-προσδιοριστούν. Ένα έγκυρο έγγραφο XML περιέχει τα δικά του σύνολα κανόνων στους οποίους τα έγγραφα πρέπει να υπακούσουν.

- Τα έγγραφα της XML είναι δυνατόν να ελεγχθούν για την εγκυρότητά τους με τη χρήση ενός προγράμματος (XML validator) το οποίο ελέγχει εάν το έγγραφο είναι δομημένο σύμφωνα με το σύνολο κανόνων που περιγράφονται σε ένα αρχείο DTD (Document Type Definition) ή ένα αρχείο Σχήματος XML (XML Schema).

Η XML δεν είναι μόνο ένα “υποκατάστατο” της HTML για μεταφορά πληροφορίας στο διαδίκτυο. Είναι μια δομημένη γλώσσα, που σημαίνει ότι ένα έγγραφο XML δεν περιέχει μόνο δεδομένα αλλά καθορίζει επίσης τις δομικές σχέσεις ανάμεσα στα δεδομένα αυτά. Αυτή ουσιαστικά είναι η δύναμη της XML, ότι επιτρέπει την αναπαράσταση οποιουδήποτε είδους δεδομένων, εφόσον έχει οριστεί το δομικό τους σχήμα. Η υλοποίηση των προδιαγραφών της δομής ενός εγγράφου XML γίνεται με τη βοήθεια μοντέλων:

- Με το μοντέλο Ορισμού Τύπων Εγγράφου (Document Type Definitions - DTD) [12]
- Με τα Σχήματα XML (XML Schemas) [13], τα οποία ουσιαστικά εξασφαλίζουν ότι δύο ή περισσότερα έγγραφα είναι του ίδιου “τύπου”.

Όσον αφορά την αναπαράσταση της πληροφορίας μέσα σε ένα έγγραφο, η XML χαρακτηρίζεται από ανεξαρτησία από υποκείμενες πλατφόρμες, μιας και η πληροφορία αποθηκεύεται σε μορφή απλού κειμένου. Αυτή η ιδιότητα είναι που κάνει τα έγγραφα XML αναγνώσιμα και από μηχανές και από ανθρώπους και τα καθιστά εύκολα ενσωματώσιμα σε ροές εργασιών.

Σύμφωνα και με τα παραπάνω, η XML χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα προκειμένου να προδιαγραφούν έγγραφα και μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ οντοτήτων. Αυτό σημαίνει ότι η ασφάλεια XML ασχολείται με την ασφάλεια σε επίπεδο μηνυμάτων και οι κύριες τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι η κρυπτογράφηση και οι ψηφιακές υπογραφές. Ο οργανισμός W3C είναι αυτός που οδηγεί την προσπάθεια προτυποποίησης των μηχανισμών ασφαλείας των XML κειμένων. Ένα πρότυπο για την παραγωγή ψηφιακών υπογραφών σε XML υπάρχει στη μορφή σύστασης του W3C (W3C recommendation) [14] καθώς και ως RFC από την IETF (RFC 3275 XML-Signature Syntax and Processing) [15]. Επίσης, υπάρχει και μια υπονήφια σύσταση του W3C για κρυπτογράφηση XML. Από ευρωπαϊκής πλευράς, ο οργανισμός πιστοποίησης ETSI έχει εκδώσει το πρότυπο “XML Advanced Electronic Signatures – XAdES”, το οποίο ουσιαστικά κάνει χρήση του παραπάνω προτύπου του W3C για ψηφιακές υπογραφές XML και έχει ως στόχο τη δημιουργία προηγμένων υπογραφών που να εμπεριέχουν τα απαραίτητα δεδομένα, όπως είναι οι χρονοσφραγίδες (timestamps), προκειμένου να μπορούν να επαληθευτούν μακροπρόθεσμα.

Το πρότυπο για Σύνταξη και Επεξεργασία Κρυπτογράφησης XML (XML Encryption Syntax and Processing) [16] περιγράφει μια διαδικασία που γίνεται για την κρυπτογράφηση ψηφιακών δεδομένων και τον τρόπο που το αποτέλεσμα της κρυπτογράφησης θα έπρεπε να αναπαρασταθεί σε XML. Ουσιαστικά, η μέθοδος αυτή περιγράφει τον τρόπο δημιουργίας και αναπαράστασης των κρυπτογραφημένων δεδομένων XML, καθώς και τον τρόπο αποκρυπτογράφησης. Μερικά από τα χαρακτηριστικά της κρυπτογράφησης XML είναι:

- Δίνει τη δυνατότητα κρυπτογράφησης ολόκληρου κειμένου XML ή μόνο επιλεγμένων κομματιών του.
- Η μικρότερη δυνατή μονάδα πληροφορίας που μπορεί να κρυπτογραφηθεί είναι ένα στοιχείο XML (XML element).
- Υποστηρίζει την επανακρυπτογράφηση δεδομένων, δηλαδή μπορούν να επανακρυπτογραφηθούν δεδομένα που έχουν κρυπτογραφηθεί ήδη μια φορά.
- Παρέχει την μεταφορά πληροφορίας ή αναγνώριση για τα κλειδιά αποκρυπτογράφησης.
- Δεν προδιαγράφει νέους αλγόριθμους, αλλά χρησιμοποιεί υπάρχοντες για την κρυπτογράφηση / αποκρυπτογράφηση, τη συμφωνία κλειδιών, τις συναρτήσεις κατακερματισμού, την αυθεντικοποίηση μηνυμάτων κλπ. (οι ψηφιακές υπογραφές μόνο καλύπτονται από άλλο πρότυπο)
- Περιγράφει τη χρήση συμμετρικής και ασύμμετρης κρυπτογραφίας.
- Δίνει τη δυνατότητα στον αποστολέα και τον παραλήπτη των κρυπτογραφημένων δεδομένων να προεπιλέξουν κρυπτογραφικές παραμέτρους, συμπεριλαμβανομένων των κλειδιών.

- Υποστηρίζει όλες τις επιλογές που είναι στις προδιαγραφές του προτύπου Ψηφιακής Υπογραφής XML για τον προσδιορισμό των κλειδιών, ο οποίος επιτυγχάνεται με:
  - Ένα αναγνωριστικό κλειδιού
  - Το ίδιο το κλειδί της αποκρυπτογράφησης
  - Μια αναφορά στην τοποθεσία όπου βρίσκεται το κλειδί ή το πιστοποιητικό δημοσίου κλειδιού του παραλήπτη.
- Υποστηρίζει διάφορους τύπους πιστοποιητικών, συμπεριλαμβανομένων των X509.
- Επεκτείνει τις επιλογές της Ψηφιακής Υπογραφής XML προσθέτοντας την επιλογή για ένα EncryptedKey.

Το πρότυπο Ψηφιακής Υπογραφής XML (XML Digital Signature) [17] καθορίζει πως υπογράφονται ψηφιακά δεδομένα και πως το αποτέλεσμα της υπογραφής μπορεί να αναπαρασταθεί σε XML. Η Ψηφιακή Υπογραφή XML προορίζεται κυρίως για δεδομένα XML, αλλά μπορεί να εφαρμοστεί γενικότερα σε όλες τις μορφές ψηφιακών δεδομένων. Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της είναι:

- Μπορεί να υπογράψει ένα ολόκληρο έγγραφο XML ή ξεχωριστά κομμάτια του.
- Καθορίζει την διαδικασία για τη δημιουργία και αναπαράσταση μιας υπογραφής XML, καθώς επίσης και την επαλήθευση της εγκυρότητάς της.
- Βασίζεται σε υπάρχοντες αλγορίθμους για την υπογραφή, τους Κώδικες Αυθεντικοποίησης Μηνυμάτων – KAM (Message Authentication Codes - MACs) και τις συναρτήσεις κατακερματισμού.
- Συνδυάζεται με αρκετά ευρέως διαδεδομένα είδη πιστοποιητικών, συμπεριλαμβανομένων των πιστοποιητικών X509, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και χωρίς πιστοποιητικά.
- Κάνει αναφορά σε άλλα πρότυπα για μετασχηματισμούς όπως είναι η κανονικοποίηση, η οποία ουσιαστικά φέρνει τα δεδομένα σε μια πρότυπη μορφή η οποία εξαλείφει οποιεσδήποτε ασήμαντες και δευτερεύουσες διαφορές στην κωδικοποίηση και αναπαράσταση.

Οι ψηφιακές υπογραφές είναι αρκετά πιο πολύπλοκες στην υλοποίηση σε σχέση με την κρυπτογράφηση. Η δημιουργία τους πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή, καθώς είναι άρρηκτα δεμένες με την αναπαράσταση των δεδομένων που υπογράφονται, που σημαίνει ότι η αναπαράσταση των υπογεγραμμένων δεδομένων και των δεδομένων που διαβάζονται προκειμένου να επαληθευτεί η υπογραφή πρέπει να είναι συνεπείς. Η επεξεργασία της υπογραφής παρουσιάζει ιδιαίτερη ευαισθησία σε αλλαγές στην αναπαράσταση των δεδομένων και τη διάταξη των βημάτων επεξεργασίας. Ακόμα και αν η υπογραφή ήταν έγκυρη τη στιγμή της δημιουργίας της, υπάρχει το ενδεχόμενο να μην μπορεί να επαληθευτεί από τον παραλήπτη στην συνέχεια, λόγω αλλαγών που συνέβησαν κατά τη μεταφορά του μηνύματος.

Υπάρχουν τρία ισότιμα σχήματα μέσα από τα οποία το πρότυπο Ψηφιακών Υπογραφών XML ενσωματώνει τη λειτουργικότητα των υπογραφών στα έγγραφα. Τα σχήματα αυτά είναι οι περικλειόμενες (enveloped), περικλείουσες (enveloping) και αποσπασμένες (detached) υπογραφές. Πιο συγκεκριμένα:

- **Περικλειόμενες υπογραφές:** Ο μηχανισμός υπογραφών που είναι πιο κοντά στην ανθρώπινη λογική. Στις περικλειόμενες υπογραφές το ίδιο το έγγραφο περικλείει την υπογραφή. Το πλεονέκτημα αυτού του μηχανισμού είναι ότι το έγγραφο παραμένει στη μορφή που ήταν και πριν και μπορεί να υποστεί επεξεργασία. Με αυτόν τον τρόπο τα συστήματα συνεχίζουν να χρησιμοποιούν το έγγραφο όπως και πριν, έχοντας τώρα όμως μια επιπλέον παράμετρο ασφαλείας.
- **Περικλείουσες υπογραφές:** Στις περικλείουσες υπογραφές το βασικό έγγραφο είναι η ίδια η υπογραφή, που περιλαμβάνει το υπογεγραμμένο έγγραφο ως βασικό κομμάτι της. Αποτελεί δηλαδή ένα “δοχείο” για το έγγραφο που υπογράφεται. Το πρόβλημα του συγκεκριμένου μηχανισμού είναι ότι τα υπογεγραμμένα δεδομένα χρειάζεται να εξαχθούν από το “δοχείο” πριν επεξεργαστούν από μια εφαρμογή. Μια περικλείουσα υπογραφή είναι παρόμοια με κάποια σύγχρονα συστήματα παραγωγής υπογραφών, όπως αυτά που βασίζονται στο PGP (Pretty Good Privacy) ή το S/MIME (Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions).



- **Αποσπασμένες υπογραφές:** Στις αποσπασμένες υπογραφές το υπογεγραμμένο έγγραφο παραμένει όπως ακριβώς είναι στην αρχική του μορφή και τα δεδομένα της υπογραφής παρέχονται ξεχωριστά, σε άλλο έγγραφο. Αυτό προϋποθέτει οι δύο οντότητες, έγγραφο και υπογραφή, να μεταφέρονται πάντα μαζί. Η υπογραφή, σε όρους συστήματος αρχείων, αποθηκεύεται σε ένα ξεχωριστό αρχείο και οι εφαρμογές μπορούν να επεξεργάζονται το αρχείο του υπογεγραμμένου εγγράφου όπως και πριν την παραγωγή της υπογραφής. Το αρνητικό σε αυτή την περίπτωση είναι ότι αυξάνει η πολυπλοκότητα της ενσωμάτωσης της ασφάλειας που προσφέρει αυτός ο μηχανισμός στο σύστημα λόγω του ότι πρέπει κάθε στιγμή να μεταφέρονται δύο αρχεία.

### 3.2.4 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΙΣΤΟΥ

Καθημερινά, ανάμεσα σε επιχειρήσεις και οργανισμούς, γίνεται ανταλλαγή και μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων μεταξύ πολλών διαφορετικών συστημάτων και εφαρμογών. Ωστόσο, κατά την ανταλλαγή των δεδομένων, υπάρχει ο σοβαρός κίνδυνος επεξεργασίας τους ή ακόμα και κλοπής τους. Σε μια κατανομημένη αρχιτεκτονική, όπως είναι οι υπηρεσίες ιστού όπου οι συναλλαγές μεταξύ του παρόχου και του χρήστη της υπηρεσίας γίνονται χρησιμοποιώντας τη γλώσσα XML μέσα σε ένα μήνυμα SOAP, αυτή η απειλή είναι πολύ έντονη. Και αυτό γιατί αν κάποιος επιθυμεί να υποκλέψει μια συναλλαγή, μπορεί απλά να διαβάσει τα δεδομένα μέσα στο μήνυμα SOAP. [18] Στη συνέχεια αναλύονται διάφορα πρότυπα που ενισχύουν την ασφάλεια των Υπηρεσιών Ιστού. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά για το πρότυπο Ασφαλείας Υπηρεσιών Ιστού (WS-Security) [19], το πρότυπο Διαχείρισης Κλειδιών με XML (XML Key Management Specifications - XKMS) [20], τη Γλώσσα Προδιαγραφής Ισχυρισμών Ασφαλείας (Security Assertion Markup Language - SAML) [21], την Επεκτάσιμη Γλώσσα Ελέγχου Πρόσβασης (eXtensible Access Control Markup Language - XACML) [22] και τέλος, αναφέρονται κάποια προηγμένα πρότυπα ασφάλειας Υπηρεσιών Ιστού που αποτελούν επεκτάσεις του προτύπου WS-Security.

Το πρότυπο Ασφάλειας Υπηρεσιών Ιστού (WS-Security) καθορίζει επεκτάσεις στο πρότυπο SOAP [23] για να συμπεριλάβει σε αυτό πληροφορία κρυπτογράφησης και ψηφιακών υπογραφών, συμπεριλαμβανομένων διαπιστευτηρίων ασφαλείας, όπως πιστοποιητικά Υποδομής Δημοσίου Κλειδιού (ΥΔΚ), όπου ΥΔΚ ορίζεται ένα σύστημα ψηφιακών πιστοποιητικών, Αρχών Πιστοποίησης και άλλων αρχών εγγραφής που επιβεβαιώνουν και αυθεντικοποιούν την ισχύ του κάθε εμπλεκόμενου μέρους σε μία δικτυακή συναλλαγή, και “εισιτήρια” Kerberos. Η πρώτη του έκδοση ήταν τον Απρίλιο του 2002 και εν συνεχεία υιοθετήθηκε ως πρότυπο του οργανισμού OASIS [24]. Η ασφάλεια που προσδίδει το πρότυπο αυτό στο επίπεδο ανταλλαγής μηνυμάτων είναι ανεξάρτητη από κρυπτογράφηση στο επίπεδο μεταφοράς (transport layer) όπως αυτή που επιτυγχάνεται με το SSL, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παράδειγμα σε μια κανονική σύνδεση HTTP σε ένα εσωτερικό εταιρικό δίκτυο.

Οι προδιαγραφές του WS-Security αφορούν την ασφάλεια ενός μηνύματος από-άκρη-σε-άκρη (end-to-end). Περιγράφουν βελτιώσεις στην διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων SOAP για την παροχή προστασίας με εξασφάλιση της ακεραιότητας, εμπιστευτικότητας και αυθεντικοποίησης ενός μοναδικού μηνύματος SOAP. Επίσης, το πρότυπο παρέχει έναν γενικής χρήσης μηχανισμό για τη σύνδεση διαπιστευτηρίων ασφαλείας με μηνύματα και περιγράφει τον τρόπο κωδικοποίησης τέτοιων δυαδικών διαπιστευτηρίων. Οι προδιαγραφές του WS-Security παρέχουν τρεις κύριους μηχανισμούς:

- Μετάδοση διαπιστευτηρίων ασφαλείας.
- Ακεραιότητα μηνυμάτων.
- Εμπιστευτικότητα μηνυμάτων.

Από μόνονι τους οι μηχανισμοί δεν παρέχουν μια ολοκληρωμένη λύση ασφαλείας. Αποτελούν ουσιαστικά ένα συστατικό που μπορεί, σε συνδυασμό με άλλες επεκτάσεις Υπηρεσιών Ιστού και υψηλότερου επιπέδου πρωτόκολλα εφαρμογών, να ικανοποιήσει ένα ευρύ σύνολο μοντέλων ασφαλείας και τεχνολογιών κρυπτογράφησης. Οι μηχανισμοί που αναφέρθηκαν προηγουμένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητα ή όλοι μαζί. Το πρότυπο WS-Security περιγράφει πώς να κωδικοποιηθούν πιστοποιητικά X509 και “εισιτήρια” Kerberos καθώς και το πώς να συμπεριληφθούν κρυπτογραφημένα κλειδιά σε ένα μήνυμα. Οι προδιαγραφές

του καθορίζουν ένα μοντέλο ασφάλειας μηνυμάτων με την έννοια των διαπιστευτηρίων ασφαλείας συνδυασμένων με ψηφιακές υπογραφές ως αποδεικτικό στοιχείο κατοχής του διαπιστευτηρίου. Η ακεραιότητα των μηνυμάτων, στο πρότυπο WS-Security, επιτυγχάνεται με χρήση ψηφιακών υπογραφών XML σε συνδυασμό με διαπιστευτήρια ασφαλείας, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι τα μηνύματα μεταδίδονται χωρίς αλλοιώσεις. Οι μηχανισμοί ακεραιότητας είναι σχεδιασμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν πολλαπλές υπογραφές και να είναι επεκτάσιμοι ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν επιπρόσθετες μορφές υπογραφών. Οι προδιαγραφές του WS-Security καθορίζουν πως χρησιμοποιούνται οι Ψηφιακές Υπογραφές XML και η Κρυπτογράφηση XML σε επικεφαλίδες μηνυμάτων SOAP καλύπτοντας ουσιαστικά κάποια από τα κενά που αφήνουν τα δύο αυτά πρότυπα όταν χρησιμοποιούνται με το SOAP.

Το πρότυπο Διαχείρισης Κλειδιών με XML (XML Key Management Specifications - XKMS) είναι ένα σύνολο προδιαγραφών για την εγγραφή και διανομή δημόσιων κλειδιών. Αποτελεί μια τεχνολογία βασισμένη στην XML που έχει σαν σκοπό τη διευκόλυνση της ενσωμάτωσης ΥΔΚ κάνοντας ευκολότερη την παραμετροποίηση, χρήση και διαχείρισή της. Για να το πετύχει αυτό αποφορτίζει την ΥΔΚ από πολύπλοκες εργασίες διαχείρισης κλειδιών και εδραιώνει την επικοινωνία με την ΥΔΚ μέσω της XML, παρέχοντας αντίστοιχες δυνατότητες ακόμα και σε ασύρματες συσκευές (κινητά τηλέφωνα κλπ.). Ο σχεδιασμός του προτύπου XKMS έγινε με σκοπό τη χρήση του σε συνδυασμό με τις Ψηφιακές Υπογραφές XML και την Κρυπτογράφηση XML, αλλά και με μελλοντικά πρότυπα. Ουσιαστικά, η συνδυασμένη χρήση της Ψηφιακής Υπογραφής XML και της Κρυπτογράφησης XML παρέχει ακεραιότητα και εμπιστευτικότητα, αλλά δεν αντιμετωπίζει τα θέματα εμπιστοσύνης που έχουν να κάνουν με τη διαχείριση κλειδιών. Αυτά τα θέματα έρχεται να αντιμετωπίσει το XKMS. Το πρότυπο XKMS αποτελείται από δύο μέρη:

- Τις Προδιαγραφές Παροχής Υπηρεσιών Πληροφοριών με XML (XML Key Information Services Specification X-KISS): Καθορίζουν ένα πρωτόκολλο για μια υπηρεσία εμπιστοσύνης που τρέχει ουσιαστικά σαν Υπηρεσία Ιστού και επιστρέφει την πληροφορία που είναι σχετική με τα στοιχεία του κλειδιού (KeyInfo) που περιέχονται στις δομές της Κρυπτογράφησης XML και των Ψηφιακών Υπογραφών XML.
- Τις Προδιαγραφές Παροχής Υπηρεσιών Εγγραφής με XML (XML Key Registration Service Specification X-KRSS): Καθορίζουν ένα πρωτόκολλο για μια Υπηρεσία Ιστού που δέχεται πληροφορίες για ανάκληση, εγγραφή και ανάκτηση δημοσίων κλειδιών.

Τις αρχικές προδιαγραφές του XKMS τις έδωσαν η Microsoft, Verisign και WebMethods, αλλά πλέον αποτελούν μια σημείωση του W3C.

Η Γλώσσα Προδιαγραφής Ισχυρισμών Ασφαλείας (Security Assertion Markup Language - SAML) αποτελεί ένα πλαίσιο το οποίο δημοσιεύτηκε από τον οργανισμό OASIS και είναι βασισμένο στην XML Χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή πληροφοριών ασφαλείας υπό τη μορφή “ισχυρισμών” (assertions) ασφαλείας για ταυτότητες οντοτήτων σε μια συγκεκριμένη διαχειριστική περιοχή ασφαλείας. Ένας ισχυρισμός SAML μπορεί να περιέχει πληροφορία για:

- Πράξεις αυθεντικοποίησης (authentication assertion) που επιτελούνται από ταυτότητες.
- Χαρακτηριστικά ταυτοτήτων (attribute assertion).
- Αποφάσεις σχετικά με τον έλεγχο πρόσβασης (authorization assertion) σε συγκεκριμένους πόρους μιας περιοχής ασφαλείας.

Η έκδοση των ισχυρισμών γίνεται από αρχές SAML, που μπορεί να δρουν ως αρχές αυθεντικοποίησης, αρχές χαρακτηριστικών ή σημεία αποφάσεων πολιτικών. Μέσα από ένα πρωτόκολλο που ορίζει η SAML οι εφαρμογές-πελάτες μπορούν να ζητούν ισχυρισμούς από Αρχές SAML και να παίρνουν απαντήσεις από αυτές. Επιπλέον, η SAML περιγράφει πως οι ισχυρισμοί μπορούν να μεταδωθούν από εφαρμογές κάνοντας χρήση κάποιων συγκεκριμένων προφίλ και “δεσμεύσεων” (bindings). Τα προφίλ περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο οι ισχυρισμοί SAML μπορούν να υποστηρίξουν την ασφάλεια των συναλλαγών μεταξύ εφαρμογών, ενώ οι δεσμεύσεις περιγράφουν ουσιαστικά τον τρόπο με τον οποίο κάποιος κάνει μια αίτηση και λαμβάνει ισχυρισμούς από μια Αρχή SAML. Η SAML είναι ένα πρότυπο το οποίο αναφέρεται στο τι μεταφέρεται και όχι στο πως μεταφέρεται και βασίζεται σε ευρέως αποδεκτά πρότυπα και πρωτόκολλα όπως είναι η XML, το XML Σχήμα (XML Schema), η XML Ψηφιακή Υπογραφή (XML Digital Signature), η XML κρυπτογράφηση

(XML Encryption), το HTTP και το SOAP. Το γεγονός ότι στηρίζεται στην XML καθιστά το πρότυπο SAML πολύ ευέλικτο και επεκτάσιμο. Επιπλέον, η διαλειτουργικότητα που προσφέρει το πρότυπο SAML αποτελεί ένα τεράστιο πλεονέκτημα όσον αφορά τους μηχανισμούς SSO (Single Sign On), που απαιτούν την ενσωμάτωση του ίδιου λογισμικού από τον πάροχο υπηρεσιών (Service Provider - SP) και τον πάροχο ταυτοτήτων (Identity Provider - IdP).

Η Επεκτάσιμη Γλώσσα Ελέγχου Πρόσβασης (eXtensible Access Control Markup Language - XACML) αποτελεί μια γενικευμένη γλώσσα προδιαγραφής πολιτικών που βασίζεται στην XML για την έκφραση πληροφορίας ασφαλείας [XACML2]. Η XACML ουσιαστικά εστιάζει στη δημιουργία μιας πλούσιας γλώσσας για πολιτικές ασφαλείας και ενός μοντέλου για έλεγχο πρόσβασης, προσφέροντας έτσι μια μέθοδο που μπορεί να συνδυάσει μεμονωμένους κανόνες και πολιτικές σε ένα μοναδικό σύνολο πολιτικών που εφαρμόζεται σε μια συγκεκριμένη αίτηση για απόφαση. Η πολιτική η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε μια αίτηση απόφασης μπορεί να είναι σύνθεση διαφόρων ανεξάρτητων κανόνων ή πολιτικών.

Για την αντιμετώπιση ζητημάτων ασφαλείας σε Υπηρεσίες Ιστού η Microsoft και η IBM δημιούργησαν μια αρχιτεκτονική η οποία περιγράφει μια στρατηγική και μια σειρά από χαρακτηριστικά ώστε να ενωθούν μεταξύ τους αρκετές τεχνολογίες ασφαλείας. Η αρχιτεκτονική αυτή ορίζει υψηλού επιπέδου απαιτήσεις ασφαλείας καθώς επίσης και μια μεθοδολογία προκειμένου να συνδυαστούν όλες οι τεχνολογίες που τις αφορούν. Τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής αυτής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται χαρακτηριστικά τα οποία χρειάζεται μια Υπηρεσία Ιστού όταν συναλλάσσεται με έμπιστους δικτυακούς τόπους [25]:

- **Πολιτική Υπηρεσιών Ιστού (WS-Policy):** Ορίζει τις αναφορές, τις δυνατότητες, τις απαιτήσεις και τις πολιτικές ασφαλείας στο εσωτερικό και στο εξωτερικό επίπεδο μιας Υπηρεσίας Ιστού.
- **Εμπιστευτικότητα Υπηρεσιών Ιστού (WS-Trust):** Ορίζει το μοντέλο ασφαλείας, επιτρέποντας διαλειτουργικότητα μεταξύ όλων των έμπιστων δικτυακών τόπων.
- **Μυστικότητα Υπηρεσιών Ιστού (WS-Privacy):** Περιγράφει τον τρόπο δήλωσης των προτιμήσεων ιδιωτικότητας από τις Υπηρεσίες Ιστού και από τους χρήστες που αιτούνται υπηρεσίες.

Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται χαρακτηριστικά που απαντούν σε πιο εξειδικευμένες απαιτήσεις ασφαλείας:

- **Ασφαλής Επικοινωνία Υπηρεσιών Ιστού (WS-Secure Conversation):** Ορίζει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται δυναμικά η επιλογή έμπιστων δικτυακών τόπων χρησιμοποιώντας ανταλλαγή κλειδιών.
- **Ομοσπονδία Υπηρεσιών Ιστού (WS-Federation):** Ορίζει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται αρχικά η αναγνώριση και στη συνέχεια η ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα σε ετερογενή ομοσπονδιακά συστήματα.
- **Εξουσιοδότηση Υπηρεσιών Ιστού (WS-Authorization):** Ορίζει τον τρόπο διεξαγωγής της διαχείρισης πληροφοριών και πολιτικών πρόσβασης στο περιβάλλον μιας Υπηρεσίας Ιστού.

### 3.3 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η ανάγκη εφαρμογής μηχανισμών ασφαλείας αν και πολλές φορές στο παρελθόν είχε παραβλεφθεί ή υποβαθμισθεί, σήμερα αναγνωρίζεται συνεχώς όλο και περισσότερο από επιχειρήσεις και οργανισμούς. Σημαντικό ρόλο σε αυτό έχει παίξει η αύξηση των κρίσιμων εταιρικών δεδομένων που αποθηκεύονται στις βάσεις δεδομένων και στην αποδοχή ότι οποιαδήποτε απώλεια ή μη διαθεσιμότητα των δεδομένων αυτών θα μπορούσε να έχει ολέθρια αποτελέσματα. Επομένως, κρίνεται απαραίτητο να ασφαλισθούν κατάλληλα τα συστήματα Βάσεων Δεδομένων για την αντιμετώπιση ενδεχόμενων πράξεων νοθείας ή κλοπής, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια της εμπιστευτικότητας (confidentiality), της ακεραιότητας (integrity) ή της διαθεσιμότητας (availability) των αποθηκευμένων δεδομένων. Η νοθεία και η κλοπή μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά όχι μόνο το περιβάλλον του συστήματος Βάσεων Δεδομένων αλλά και ολόκληρη την επιχείρηση. Η απώλεια της εμπιστευτικότητας έχει ως αποτέλεσμα την αποκάλυψη ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων ή δεδομένων κρίσιμης σημασίας για την επιχείρηση. Η απώλεια της ακεραιότητας οδηγεί στην εμφάνιση άκυρων

ή διαβρωμένων δεδομένων που είναι πιθανό να επηρεάσουν σοβαρά τη μελλοντική λειτουργία της επιχείρησης. Η απώλεια της διαθεσιμότητας έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία προσπέλασης των δεδομένων ή του συστήματος ή και των δύο, γεγονός που επηρεάζει σοβαρά την οικονομική απόδοση της επιχείρησης, ειδικά αν η επιχείρηση παρέχει ηλεκτρονικά υπηρεσίες εικοσιτετράωρης διαθεσιμότητας. Σε κάποιες περιπτώσεις, οι απαιτήσεις της εμπιστευτικότητας, της ακεραιότητας και της διαθεσιμότητας είναι τόσο άρρηκτα συνδεδεμένες, ώστε η απώλεια μιας εξ αυτών να οδηγήσει άμεσα στην απώλεια και μιας άλλης. [26]

Οι εγκληματικές πράξεις στο διαδίκτυο έχουν αυξηθεί σημαντικά και αναμένεται να ενταθούν τα επόμενα χρόνια. Η αντιμετώπιση απειλών στα συστήματα Βάσεων Δεδομένων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Από ελέγχους σε φυσικό επίπεδο μέχρι και την τακτική εκτέλεση διαχειριστικών διαδικασιών για τον έλεγχο ορθότητας (audit control) των δεδομένων. Η ασφάλεια βάσεων δεδομένων (database security) είναι μια πολύ ευρεία περιοχή που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των απωλειών που προκαλούνται κυρίως από γεγονότα που μπορούν να προβλεφθούν, με τον οικονομικά αποδοτικότερο τρόπο και χωρίς τον υπερβολικό περιορισμό των δικαιωμάτων των εξουσιοδοτημένων χρηστών του συστήματος [27, 28, 29, 30].

Η ασφάλεια Βάσεων Δεδομένων διαφέρει σημαντικά από την ασφάλεια λειτουργικών συστημάτων και για το λόγο αυτό κατείχε πάντοτε ιδιαίτερη θέση στο χώρο της ασφάλειας υπολογιστών. Η μόνη ομοιότητα αφορά στο γεγονός ότι βάσεις δεδομένων και λειτουργικά συστήματα διαχειρίζονται δεδομένα. Όμως, τα λειτουργικά συστήματα δεν λαμβάνουν υπόψη τους το περιεχόμενο των αρχείων που προστατεύουν. Απλά ελέγχουν τα δικαιώματα των χρηστών σχετικά το άνοιγμα, την ενημέρωση, τη δημιουργία ή τη διαγραφή των αρχείων αυτών. Αντιθέτως, οι βάσεις δεδομένων συνδέουν άμεσα τα δικαιώματα των χρηστών τους με το περιεχόμενο των αποθηκευμένων δεδομένων.

Είναι ευθύνη του ΣΔΒΔ να ικανοποιεί τις απαιτήσεις ασφαλείας που δεν μπορεί να διαχειριστεί το λειτουργικό σύστημα. Το ΣΔΒΔ μπορεί να επιβάλλει και μηχανισμούς ασφαλείας ταυτόχρονα και συμπληρωματικά των μηχανισμών προστασίας του λειτουργικού συστήματος ή να επιβάλλει ασφάλεια όταν δεν υφίσταται προστασία των δεδομένων από πλευράς λειτουργικού συστήματος. Στην τελευταία περίπτωση, μπορεί να επιτευχθεί προστασία αν για παράδειγμα τα δεδομένα διατηρούνται εντός της Βάσης Δεδομένων κρυπτογραφημένα.

### 3.3.1 ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΧΡΗΣΤΩΝ

Η εκχώρηση σε ένα υποκείμενο του διακρίματος προσπέλασης ενός ΣΔΒΔ ή του προνομίου επεξεργασίας ενός αντικείμενου αυτού ονομάζεται εξουσιοδότηση (authorization). Ο όρος αντικείμενο (object) αναφέρεται σε ένα πίνακα Βάσης Δεδομένων, μία πλειάδα, μία όψη, ένα γνώρισμα, μία διαδικασία ή οτιδήποτε άλλο αντικείμενο μπορεί να δημιουργηθεί εντός ενός ΣΔΒΔ, ενώ ο όρος υποκείμενο (subject) αναφέρεται σε έναν χρήστη ή μια εφαρμογή λογισμικού. Οι έλεγχοι εξουσιοδότησης που πραγματοποιούνται περιλαμβάνουν όχι μόνο τον έλεγχο για το ποιο σύστημα ή αντικείμενο επιτρέπεται να προσπελάσει ο κάθε χρήστης, αλλά και ποιες ακριβώς λειτουργίες μπορεί να εκτελέσει στο ΣΔΒΔ ή στο αντικείμενο αυτό. Η διαδικασία της εξουσιοδότησης προϋποθέτει την αυθεντικοποίηση (authentication) του χρήστη, δηλαδή την πιστοποίηση της ταυτότητάς του. [26]

Η αυθεντικοποίηση των χρηστών σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος δεν εξασφαλίζει απαραίτητα και την πρόσβαση στο ΣΔΒΔ. Τις περισσότερες φορές, μία ξεχωριστή και παρόμοια διαδικασία απαιτείται για τη χορήγηση στους χρήστες του δικαιώματος να χρησιμοποιούν το ΣΔΒΔ. Ο διαχειριστής βάσεων δεδομένων έχει την ευθύνη εξουσιοδότησης χρήσης του ΣΔΒΔ και για το σκοπό αυτό δημιουργεί ξεχωριστούς λογαριασμούς για τους διάφορους χρήστες του ΣΔΒΔ. Κάθε λογαριασμός αντιστοιχεί σε ένα μοναδικό όνομα χρήστη (username) και ένα μοναδικό κωδικό πρόσβασης (password), τα οποία επιλέγει ο χρήστης και είναι γνωστά στο ΣΔΒΔ. Σε πολλές περιπτώσεις τα ΣΔΒΔ έχουν τη δυνατότητα να εμπλουτίζουν τη λίστα με τους λογαριασμούς χρηστών, με αναγνωριστικά χρηστών που έχουν δημιουργηθεί από το διαχειριστή του λειτουργικού συστήματος. Σε αυτή την περίπτωση δεν είναι απαραίτητη η αυθεντικοποίηση των χρηστών από το ΣΔΒΔ από τη στιγμή που έχουν ήδη πιστοποιηθεί από ένα έμπιστο και ασφαλές λειτουργικό σύστημα.

### 3.3.2 ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Για τη διαχείριση του προνομίου προσπέλασης δεδομένων τα ΣΔΒΔ παρέχουν δύο τύπους ελέγχου πρόσβασης, το διακριτικό έλεγχο πρόσβασης (Discretionary Access Control, DAC) και τον υποχρεωτικό έλεγχο πρόσβασης (Mandatory Access Control, MAC). Ο διακριτικός έλεγχος πρόσβασης είναι ο πιο συνηθισμένος και παρέχεται από τα περισσότερα ΣΔΒΔ, σε αντίθεση με τον υποχρεωτικό και πολύ αυστηρότερο τύπο ελέγχου πρόσβασης που τον υποστηρίζουν πολύ λίγα. Στην συνέχεια θα αναλυθούν αυτές οι δύο διαφορετικές δυνατότητες.

Ο διακριτικός έλεγχος πρόσβασης σε ένα σύστημα Βάσεων Δεδομένων βασίζεται στην εκχώρηση και ανάκληση προνομίων (privileges) μέσω εντολών SQL [31]. Τα προνόμια επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργήσουν ή να προσπελαύνουν (δηλαδή να αναγνώσουν, να αποθηκεύσουν ή να τροποποιήσουν) ένα αντικείμενο της Βάσης Δεδομένων ή συγκεκριμένες συνιστώσες του ΣΔΒΔ. Για να εκχωρηθούν προνόμια στους χρήστες πρέπει αυτό να προαπαιτείται στα πλαίσια των καθηκόντων της εργασίας τους, δηλαδή να είναι απαραίτητα τα προνόμια αυτά προκειμένου να διεκπεραιώσουν την εργασία τους. Καταχρηστική εκχώρηση μη αναγκαίων προνομίων μπορεί να οδηγήσει σε διάρρηξη της ασφαλείας του συστήματος. Το πρότυπο SQL ορίζει τα παρακάτω προνόμια:

- **SELECT:** Προνόμιο ανάκτησης δεδομένων από έναν πίνακα,
- **INSERT:** Προνόμιο εισαγωγής νέων πλειάδων σε έναν πίνακα,
- **UPDATE:** Προνόμιο τροποποίησης αποθηκευμένων πλειάδων σε έναν πίνακα,
- **DELETE:** Προνόμιο διαγραφής αποθηκευμένων πλειάδων από έναν πίνακα,
- **REFERENCES:** Προνόμιο αναφοράς γνωρισμάτων ενός συγκεκριμένου πίνακα σε περιορισμούς ακεραιότητας,
- **USAGE:** Προνόμιο χρήσης πεδίων ορισμού.

Τα προνόμια SELECT και UPDATE είναι δυνατόν να περιορισθούν σε συγκεκριμένες στήλες ενός πίνακα, αποτρέποντας την ανάγνωση ή αντιστοίχως την ενημέρωση των υπολοίπων στηλών του πίνακα. Το προνόμιο REFERENCES μπορεί και αυτό να περιορισθεί σε συγκεκριμένες στήλες ενός πίνακα, επιτρέποντας στις στήλες αυτές να αναφέρονται σε περιορισμούς ξένου κλειδιού για τη δημιουργία ενός νέου πίνακα, χωρίς να επιτρέπεται να ισχύει αυτό και για τις υπόλοιπες στήλες του πίνακα.

Ο διακριτικός έλεγχος πρόσβασης υποστηρίζεται από τη γλώσσα SQL μέσω των εντολών GRANT και REVOKE. Ένας χρήστης που δημιουργεί έναν πίνακα με την εντολή CREATE TABLE, γίνεται αυτόματα ο ιδιοκτήτης (owner) του πίνακα και αποκτά αυτοδικαίως όλα τα προνόμια επί του αντικείμενου αυτού. Οι υπόλοιποι χρήστες αρχικά δεν έχουν κανένα προνόμιο σε αυτόν τον νέο πίνακα και προκειμένου να αποκτήσουν πρόσβαση σε αυτόν πρέπει ο ιδιοκτήτης του πίνακα να τους εκχωρήσει τα απαραίτητα προνόμια μέσω της εντολής GRANT. Η αφαίρεση των προνομίων γίνεται με χρήση της εντολής REVOKE. Το ΣΔΒΔ παρακολουθεί συνεχώς την εκχώρηση και ανάκληση προνομίων σε άλλους χρήστες, και διασφαλίζει ότι κάθε στιγμή μόνο οι χρήστες που διαθέτουν τα κατάλληλα προνόμια μπορούν να προσπελάσουν ένα αντικείμενο.

Με την εντολή CREATE VIEW ένας χρήστης μπορεί να δημιουργήσει μία όψη στην οποία γίνεται αυτόματα ιδιοκτήτης αλλά δεν αποκτάει απαραίτητως τα πλήρη δικαιώματα στην όψη αυτή. Για τη δημιουργία της όψης ο χρήστης πρέπει να διαθέτει το προνόμιο επιλογής (SELECT) σε όλους τους πίνακες που συμμετέχουν στη δημιουργία της όψης. Για να αποκτήσει όμως και τα προνόμια INSERT, UPDATE και DELETE στην όψη αυτή πρέπει να διατηρεί τα προνόμια αυτά σε κάθε πίνακα που συμμετέχει στη δημιουργία της συγκεκριμένης όψης.

Η αχίλλειος πτέρνα του διακριτικού ελέγχου προσπέλασης είναι η αδυναμία του να αντιμετωπίσει τις επιθέσεις δούρειων ίππων. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται σε κάθε σύστημα υψηλής ποιότητας λογισμικό γνωστής προέλευσης ή να εφαρμόζεται ο υποχρεωτικός έλεγχος πρόσβασης που αναλύεται στη συνέχεια. [26]

Ο υποχρεωτικός έλεγχος πρόσβασης βασίζεται σε πολιτικές που δεν μπορούν να μεταβληθούν από τους χρήστες του ΣΔΒΔ. Κάθε αντικείμενο της βάσης δεδομένων συνδέεται με ένα βαθμό ασφάλειας (security class) και κάθε χρήστης με ένα βαθμό εξουσιοδότησης (security clearance) για την προσπέλαση αντικειμένων

συγκεκριμένων βαθμών ασφαλείας. Με βάση κανόνες που συγκρίνουν το βαθμό εξουσιοδότησης του χρήστη με το βαθμό ασφαλείας του αντικείμενου το ΣΔΒΔ ελέγχει αν ένας χρήστης επιτρέπεται να αναγνώσει ή να αποθηκεύσει ένα αντικείμενο. Με τους κανόνες αυτούς διασφαλίζεται ότι τα ευαίσθητα δεδομένα δεν θα κοινοποιηθούν ποτέ σε κάποιο χρήστη που δεν διαθέτει κατάλληλη εξουσιοδότηση. Το πρότυπο της SQL δεν περιλαμβάνει μέχρι σήμερα υποστήριξη εντολών για την επιβολή του υποχρεωτικού ελέγχου πρόσβασης. Το πιο δημοφιλές πρωτόκολλο για την περιγραφή του υποχρεωτικού ελέγχου πρόσβασης είναι το Bell-LaPadula [32] και βασίζεται στους γνωστούς όρους υποκειμένο, αντικείμενο, βαθμός ασφαλείας και εξουσιοδότηση ασφαλείας. Σε μια βάση δεδομένων μπορεί να εφαρμοσθεί προσθετικά πέρα από τον διακριτικό έλεγχο πρόσβασης και ο υποχρεωτικός. Στην περίπτωση αυτή, για την ανάγνωση ή αποθήκευση αντικείμενου ο χρήστης θα οφείλει να κατέχει τα κατάλληλα προνόμια που παρέχονται μέσω της εντολής GRANT και την κατάλληλη εξουσιοδότηση ασφαλείας που ορίστηκε για το χρήστη αυτό από το διαχειριστή της βάσης δεδομένων. Σε γενικές γραμμές, ο υποχρεωτικός έλεγχος πρόσβασης μπορεί να αντιμετωπίσει με επιδεξιότητα ένα μείζον ελάττωμα του διακριτικού ελέγχου πρόσβασης, έχει όμως ως αδυναμία του την αυστηρότητα του περιβάλλοντος που δημιουργεί.

### 3.3.3 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΟΨΕΩΝ

Η όψη είναι το δυναμικό αποτέλεσμα ενός ή περισσότερων σχεσιακών ερωτημάτων που εφαρμόζονται σε έναν ή περισσότερους πίνακες με σκοπό τη δημιουργία ενός νέου πίνακα. Η όψη ουσιαστικά είναι ένας εικονικός πίνακας που στην πραγματικότητα δεν υφίσταται μέσα στη βάση δεδομένων, αλλά παράγεται με αίτημα ενός χρήστη τη στιγμή του αιτήματος αυτού. [26]

Ο μηχανισμός της όψης παρέχει ένα ισχυρό και ευέλικτο μηχανισμό ασφαλείας για την απόκρυψη από συγκεκριμένους χρήστες τμημάτων της βάσης δεδομένων. Με τη δημιουργία μιας όψης και με την παροχή σε κάποιο χρήστη του προνομίου της προσπέλασής της, ο χρήστης αυτός δεν είναι ενήμερος για την ύπαρξη χαρακτηριστικών ή πλειάδων που ενδεχομένως απουσιάζουν από την όψη. Επίσης, ο χρήστης ο οποίος έχει το προνόμιο προσπέλασης μόνο στην όψη δεν μπορεί να προσπελαύνει τους πίνακες από τους οποίους η όψη δημιουργήθηκε. Με τη λύση αυτή, οι όψεις αποτελούν έναν πιο ευέλικτο και περιοριστικό μηχανισμό ασφαλείας σε σχέση με την εκχώρηση στο χρήστη ιδιαίτερων προνομίων για κάθε πίνακα. [26]

### 3.3.4 ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Κρυπτογράφηση (encryption), όπως αναφέραμε και στο Κεφάλαιο 3.2.1, ονομάζεται η κωδικοποίηση των δεδομένων με έναν ειδικό αλγόριθμο που καθιστά τα δεδομένα μη αναγνώσιμα από οποιοδήποτε λογισμικό χωρίς τη χρήση του κλειδιού αποκρυπτογράφησης (encryption key). Σε περίπτωση που το ΣΔΒΔ διατηρεί αποθηκευμένα ευαίσθητα δεδομένα, κρυπτογράφησή τους είναι συχνά απαραίτητη προκειμένου να προφυλαχθούν από πιθανές εξωτερικές απειλές ή προσπάθειες προσπέλασής τους από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες του συστήματος. Κάποια ΣΔΒΔ προσφέρουν για το σκοπό αυτό ειδικά εργαλεία κρυπτογράφησης. Το ΣΔΒΔ αφού αποκρυπτογραφήσει πρώτα τα δεδομένα στη συνέχεια μπορεί να τα προσπελαύνει αν και υπάρχει σχετική μείωση της απόδοσης του συστήματος λόγω του χρόνου που απαιτείται για την αποκρυπτογράφηση. Σε πολλές περιπτώσεις είναι προτιμότερο η κρυπτογράφηση δεδομένων να πραγματοποιείται στο τερματικό του εξυπηρετούμενου (client) προκειμένου τα δεδομένα να μεταφέρονται προστατευμένα και ασφαλή στον εξυπηρετητή που βρίσκεται η βάση δεδομένων.

Για την απόκρυψη ευαίσθητων δεδομένων υπάρχει σήμερα μεγάλος αριθμός τεχνικών κρυπτογράφησης, πολλές από τις οποίες αναφέρθηκαν και σε προηγούμενο κεφάλαιο. Οι τεχνικές αυτές μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις τεχνικές μη αναστρέψιμης (irreversible) και τις τεχνικές αναστρέψιμης (reversible) κρυπτογράφησης. Στις πρώτες, αφού κρυπτογραφηθούν τα δεδομένα δεν επιτρέπεται η αποκάλυψή τους με κανένα τρόπο. Ωστόσο, τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για έγκυρη στατιστική επεξεργασία. Οι τεχνικές αναστρέψιμης κρυπτογράφησης χρησιμοποιούνται συχνότερα και αποκαλύπτουν την κρυπτογραφημένη πληροφορία μόνο σε αυτούς που κατέχουν το απαραίτητο κλειδί αποκρυπτογράφησης. Για την κρυπτογράφηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλγόριθμοι και συμμετρικής αλλά και ασύμμετρης



κρυπτογραφίας. Σε γενικές γραμμές, οι συμμετρικοί αλγόριθμοι είναι πολύ ταχύτεροι κατά την εκτέλεσή τους από τους ασύμμετρους. Στην πράξη ωστόσο πολλές φορές χρησιμοποιούνται μαζί έτσι ώστε ο αλγόριθμος δημοσίου κλειδιού να χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση ενός τυχαία παραγόμενου κλειδιού και το τυχαίο αυτό κλειδί να χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση των πραγματικών δεδομένων, με τη χρήση ενός συμμετρικού αλγορίθμου. [33].

### 3.3.5 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΝΑΝΤΙ ΕΠΙΘΕΣΕΩΝ ΕΓΧΥΣΗΣ SQL

Η έγχυση (injection) της SQL είναι ένα από τα νεότερα και σοβαρότερα ζητήματα ευπάθειας των Βάσεων Δεδομένων. Εφευρέτης της επίθεσης αυτής είναι ο Rain Forest Puppy, πρώην χάκερ και σύμβουλος ασφαλείας σήμερα διεθνών εταιρειών ανάπτυξης λογισμικού. Η βασική ιδέα είναι ότι ο κακόβουλος χρήστης παραποιεί τα δεδομένα που στέλνει μια εφαρμογή παγκόσμιου ιστού σε μια Βάση Δεδομένων με σκοπό να τροποποιηθεί το ερώτημα που θα εκτελεσθεί τελικά από το ΣΔΒΔ [34]. Με μία πρώτη ματιά αυτή η παραποίηση φαίνεται αβλαβής, αλλά στην πραγματικότητα μπορεί να είναι εξαιρετικά ζημιογόνα. Μία από τις ανησυχητικότερες πλευρές του θέματος είναι η άγνοια πολλών προγραμματιστών για την επίθεση SQL έγχυσης, η οποία αναπόφευκτα οδηγεί σε ευαισθησία των εφαρμογών τους σε τέτοιες επιθέσεις. Είναι γεγονός μάλιστα ότι τα προγραμματιστικά σφάλματα που οδηγούν σε ευπάθεια επιθέσεων έγχυσης είναι πολύ εύκολο να συμβούν ακόμη και όταν ο σχεδιαστής μιας εφαρμογής είναι ενήμερος για το πρόβλημα αυτό.

Ο διαχειριστής Βάσεων Δεδομένων βρίσκεται σε πολύ μειονεκτική θέση όσον αφορά τις επιθέσεις έγχυσης SQL, μιας και ο κακόβουλος χρήστης εισέρχεται στη Βάση Δεδομένων παραβιάζοντας μία νόμιμη φόρμα εισόδου κάποιας εφαρμογής που διατηρεί δεδομένα εντός της Βάσης Δεδομένων. Ο απλούστερος τρόπος αποφυγής της επίθεσης είναι ο έλεγχος κατά την είσοδο του χρήστη για ενδεχόμενη ύπαρξη απλών εισαγωγικών στα αλφαριθμητικά που έχει πληκτρολογήσει. Μία καλή ιδέα αναχαίτισης των επιθέσεων SQL έγχυσης είναι να σχηματίζονται τα ερωτήματα SQL μέσω προγραμματιστικών συναρτήσεων και διαδικασιών καθώς οι συναρτήσεις και οι διαδικασίες δεν επιτρέπουν την τροποποίηση της πρότασης WHERE σε ένα ερώτημα SQL και άρα θα μπορούσαν να αποτρέψουν αυτές τις επιθέσεις. Επίσης, θα ήταν χρήσιμο να απορρίπτεται ή καλύτερα να φιλτράρεται η είσοδος που πληκτρολογεί ο χρήστης σε περίπτωση που περιέχει απλά εισαγωγικά. Σε κάθε περίπτωση πάντως οι σχεδιαστές φορμών εφαρμογών Βάσεων Δεδομένων οφείλουν να γνωρίζουν τον ασφαλέστερο κατά περίπτωση τρόπο για να περνούν τις παραμέτρους σε ένα ερώτημα SQL.

## 3.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Hartman, B. et al. (2003). *Mastering Web Services Security*. Wiley Publishing.
- [2] W3C. *Digital Signature Initiative*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/DSig/>>
- [3] W3C. *XML Advanced Electronic Signatures (XAdES)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/TR/XAdES/>>
- [4] Simon Blake-Wilson, Don Johnson, Alfred Menezes. *Key Agreement Protocols and their Security Analysis*. September 9, 1997. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://grouper.ieee.org/groups/1363/Research/contributions/keyag.pdf>>
- [5] Wikipedia. *Hash function*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <[http://en.wikipedia.org/wiki/Hash\\_function](http://en.wikipedia.org/wiki/Hash_function)>
- [6] Lars Ramkilde Knudsen. *Block Ciphers - Analysis, Design and Applications*. July 1, 1994. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.daimi.au.dk/PB/485/PB-485.pdf>>
- [7] Paar, Christof, Pelzl, Jan. *Understanding Cryptography. A Textbook for Students and Practitioners*. 1st Edition. 2nd Printing, 2010, XVIII, 372 p. 160 illus. 29-54.
- [8] *Message Authentication Code (MAC)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://pijoeena.hubpages.com/hub/Message-Authentication-Code>>

- [9] *RFC 6101. The Secure Sockets Layer (SSL) Protocol Version 3.0.* [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://tools.ietf.org/html/rfc6101>>
- [10] *RFC 5246. The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.2* [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://tools.ietf.org/html/rfc5246>>
- [11] Wikipedia. *eXtensible Markup Language (XML)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://el.wikipedia.org/wiki/XML>>
- [12] Wikipedia. *Document Type Definition (DTD)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <[http://en.wikipedia.org/wiki/Document\\_Type\\_Definition](http://en.wikipedia.org/wiki/Document_Type_Definition)>
- [13] W3C. *XML Schema*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/XML/Schema>>
- [14] W3C. *Extensible Markup Language (XML)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/XML/>>
- [15] *RFC 3275 on XML-Signature Syntax and Processing*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://lists.w3.org/Archives/Public/w3c-ietf-xmldsig/2002JanMar/0210.html>>
- [16] W3C. *XML Encryption Syntax and Processing Version 1.1*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/TR/xmlenc-core1/>>
- [17] W3C. *XML Signature Syntax and Processing (Second Edition)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/TR/xmldsig-core/>>
- [18] Mark Endrei, Jenny Ang, Ali Arsanjani, Sook Chua, Philippe Comte, Pal Krogdahl, Min Luo, Tony Newling. *Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services*. IBM Redbooks, 2004.
- [19] OASIS. *Web Services Security (WS-S)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.oasis-open.org/committees/download.php/16790/wss-v1.1-spec-os-SOAPMessageSecurity.pdf>>
- [20] W3C. *XML Key Management Specification (XKMS 2.0)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.w3.org/TR/xkms2/>>
- [21] OASIS. *Security Services (SAML) TC*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.oasis-open.org/committees/security/>>
- [22] OASIS. *eXtensible Access Control Markup Language (XACML) TC*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<https://www.oasis-open.org/committees/xacml/>>
- [23] W3C. *Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.2* [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <[www.w3.org/TR/soap12](http://www.w3.org/TR/soap12)>
- [24] *Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)*. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <<http://www.oasis-open.org/>>
- [25] Elisa Bertino, Lorenzo D. Martino, Federica Paci, Anna C. Squicciarini. *Security for Web Services and Service-Oriented Architectures*. Springer, 2010.
- [26] Ιωάννης Μανωλόπουλος, Απόστολος Ν. Παπαδόπουλος. *Συστήματα Βάσεων Δεδομένων: Θεωρία και Πρακτική Εφαρμογή*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 2006. 411-433.
- [27] S. Castano, M.-G. Fugini, G. Martella and P. Samarati. *Database Security*, Addison-Wesley, 1995.
- [28] R. Clark, S. Holloway and W. List. *The Security, Audit and Control of Databases*, Avebury Technical Pub. Group, 1991.
- [29] E.B. Fernandez, R.C. Summers and C. Wood. *Database Security and Integrity*, Addison-Wesley, 1981.
- [30] R.B. Natan. *Implementing Database Security and Auditing*, Digital Press, 2005.
- [31] T.W. Polk and L.E. Bassham. *Security Issues in the Database Language SQL*, Technical Report NIST Special Publication 800-8, National Institute of Standards and Technology, USA, 1993. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <http://www.secinf.net/uplarticle/14/sqlsec.ps>

- [32] D.E. Bell and L.J. La Padulla. *Secure Computer Systems: Mathematical Foundations and Model*, MITRE Technical Report M74-244, 1974.
- [33] D.E. Denning. *Cryptography and Data Security*, Addison-Wesley, 1983.
- [34] K. Spett. *SQL Injection: Is Your Web Applications Vulnerable?*, Technical Report, SPI Dynamics, 2002.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΣΕΙΔΩΝ

### 4.1 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΣΕΙΔΩΝ

Η Ελλάδα είναι μια χώρα όπου το θαλάσσιο στοιχείο είναι κυρίαρχο καθώς υπάρχουν χιλιάδες νησιά και βραχονησίδες, ακτές που ξεπερνούν σε μήκος τα 16.000 χιλιόμετρα και πάνω από 400 λιμάνια. Πάνω από 20% του παραγόμενου ΑΕΠ της χώρας συνδέεται με δραστηριότητες που έχουν σχέση με το θαλάσσιο περιβάλλον όπως είναι ο τουρισμός, η ναυσιπλοΐα, η αλιεία, οι ιχθυοκαλλιέργειες, η παράκτια ανάπτυξη και πρόσφατα οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σε αυτές τις συνθήκες, η έγκαιρη και αξιόπιστη πληροφόρηση και πρόγνωση για τις συνθήκες που επικρατούν στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Για πάνω από μια δεκαετία, η λειτουργία του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ ικανοποιεί ακριβώς αυτές τις ανάγκες.

Το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ είναι ένα σύστημα παρακολούθησης, πρόγνωσης και πληροφόρησης για την κατάσταση των ελληνικών θαλασσών καταρχήν αλλά και της υπόλοιπης Μεσογείου. Η παρακολούθηση του θαλασσίου περιβάλλοντος πραγματοποιείται από ένα δίκτυο πλωτών σταθμών μέτρησης οι οποίοι είναι ποντισμένοι σε δέκα σημεία του Αιγαίου και του Ιονίου πελάγους. Κάθε σταθμός μέτρησης είναι εξοπλισμένος με μια σειρά αισθητήρων που έχουν την δυνατότητα καταγραφής μιας σειράς ατμοσφαιρικών παραμέτρων όπως η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, η ατμοσφαιρική πίεση, η θερμοκρασία του αέρα καθώς και θαλασσίων παραμέτρων τόσο στην επιφάνεια όσο και σε μεγαλύτερα βάθη όπως το ύψος και η κατεύθυνση του κυματισμού, η διεύθυνση και η ταχύτητα των θαλασσίων ρευμάτων, η θερμοκρασία και η αλατότητα του νερού. Σε κάποιους επιλεγμένους σταθμούς καταγράφονται και μια σειρά πιο εξειδικευμένες παράμετροι όπως είναι το ποσοστό του διαλυμένου οξυγόνου στο θαλασσινό νερό, η περιεκτικότητα της χλωροφύλλης, η θολρότητα του νερού, η μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα καθώς και μια σειρά παραμέτρων που αφορούν τις διάφορες συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας. Κάθε σταθμός είναι εξοπλισμένος με μια σειρά τηλεπικοινωνιακά όργανα που μπορούν να μεταδώσουν τα δεδομένα που καταγράφονται στο επιχειρησιακό κέντρο του ΕΛΚΕΘΕ μέσω κυρίως του δικτύου της κινητής τηλεφωνίας ή όταν αυτό δεν είναι εφικτό μέσω δορυφορικής επικοινωνίας. Η παροχή ενέργειας για την λειτουργία του κάθε σταθμού εξασφαλίζεται με την χρήση συστοιχίας επαναφορτιζόμενων μπαταριών οι οποίες φορτίζονται από τις ηλιακές κυψέλες που υπάρχουν στο επάνω μέρος του σταθμού.

Τα δεδομένα μετά την αποστολή τους από τους σταθμούς συλλέγονται στο επιχειρησιακό κέντρο του ΕΛΚΕΘΕ όπου μετά από μια αυτόματη επεξεργασία ελέγχου της ποιότητας τους οδηγούνται στη βάση δεδομένων του συστήματος. Στην συνέχεια, τα δεδομένα αυτά μαζί με δεδομένα που λαμβάνονται από αντίστοιχες υποδομές στην Μεσόγειο και την Ευρώπη καθώς και με προγνώσεις από Ευρωπαϊκά και παγκόσμια δίκτυα, χρησιμοποιούνται για την ολοκλήρωση των αριθμητικών μοντέλων του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ και την παροχή των προγνώσεων του συστήματος. Η διαδικασία της παραγωγής προγνώσεων του συστήματος γίνεται με την χρήση αριθμητικών μοντέλων, μια διαδικασία που απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ για να ολοκληρωθεί έγκαιρα και γι' αυτό το λόγο πραγματοποιείται στο Υπολογιστικό Σύστημα Υψηλής Απόδοσης που είναι εγκατεστημένο στο επιχειρησιακό Κέντρο του ΕΛΚΕΘΕ. Ο ΠΟΣΕΙΔΩΝΑΣ παρέχει σε καθημερινή βάση προγνώσεις για τις επόμενες πέντε ημέρες για τις καιρικές και κυματικές συνθήκες, την υδροδυναμική του θαλασσίου περιβάλλοντος καθώς και για τις ιδιότητες του οικοσυστήματος τόσο στις Ελληνικές θάλασσες όσο και σε όλη στην Μεσόγειο.

Τόσο τα δεδομένα που συγκεντρώνονται κάθε τρεις ώρες από τους σταθμούς όσο και οι προγνώσεις του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ, διατίθενται ελεύθερα μέσω της ιστοσελίδας του συστήματος στην διεύθυνση <http://www.poseidon.hcmr.gr>, υλοποιώντας με αυτό τον τρόπο την διάσταση της πληροφόρησης του συστήματος. Η σελίδα του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ δέχεται κατά μέσο όρο 700-750.000 επισκέψεις το μήνα ενώ οι προγνώσεις καιρού και κυματισμού είναι επίσης διαθέσιμες στην κινητή τηλεφωνία μέσω μιας ευρείας γκάμας εφαρμογών που ξεκινάνε από το απλό SMS και φτάνουν μέχρι την ολοκληρωμένη πληροφόρηση που είναι διαθέσιμη στις σύγχρονες πλατφόρμες των smartphones.

Το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ έχει αναπτυχθεί από το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών με την χρηματοδότηση τριών διαδοχικών προγραμμάτων από την Ευρωπαϊκή Οικονομική Ζώνη-EFTA και το Εθνικό Πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων συνολικού ύψους είκοσι πέντε (25) εκατομμυρίων ευρώ. Στην πρώτη φάση της υλοποίησης του, από το 1997 μέχρι το 2000, εγκαταστάθηκε η πρώτη γενιά των πλωτών μέτρησης στο Αιγαίο, με δυνατότητες μέτρησης ατμοσφαιρικών και θαλασσιών δεδομένων που ξεκινούσαν από την επιφάνεια και έφταναν μέχρι τα πρώτα 50 μέτρα βάθος, δημιουργήθηκε το επιχειρησιακό κέντρο για την λήψη των μετρήσεων από τους σταθμούς αλλά και την απαραίτητη υποδομή για την ολοκλήρωση των προγνωστικών μοντέλων και βγήκε στον «αέρα» η ιστοσελίδα του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ. Στην δεύτερη φάση, από το 2005 μέχρι το 2008, πραγματοποιήθηκε αναβάθμιση όλου του συστήματος μέτρησης και επέκταση του με πέντε νέους σταθμούς που είχαν την δυνατότητα πόντισης σε περιοχές με πολύ μεγάλα βάθη καθώς και λήψης δεδομένων από βαθιά σημεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος (συνολικό κόστος της δεύτερης φάσης δεκαπέντε (15) εκατομμύρια ευρώ). Σήμερα βρίσκονται σε λειτουργία τρεις σταθμοί νεώτερης γενιάς, ενώ οι δύο από αυτούς στην περιοχή του Κρητικού πελάγους και δυτικά της Πύλου είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες μέτρησης θαλασσιών παραμέτρων μέχρι τα χίλια μέτρα βάθος. Στην περιοχή της Πύλου έχει επίσης ποντιστεί και βρίσκεται σε λειτουργία από το 2008 μια αυτόνομη πλατφόρμα μέτρησης των μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης που μπορεί να ανιχνεύσει την διάδοση των κυμάτων tsunamis που παράγονται σε κάποιες περιπτώσεις μετά από μεγάλες σεισμικές δονήσεις και να ειδοποιήσει σε πραγματικό χρόνο το επιχειρησιακό κέντρο του ΕΛΚΕΘΕ. Τα προγνωστικά μοντέλα του συστήματος αναβαθμίστηκαν επίσης, αποκτώντας νέες δυνατότητες ως προς την χρήση των δεδομένων που συλλέγονται από τους σταθμούς και παρέχοντας λεπτομερέστερη πληροφορία σε μεγαλύτερης έκτασης γεωγραφικές περιοχές. Τέλος, η τρίτη φάση υλοποίησης του προγράμματος ξεκίνησε το 2009 και ολοκληρώνεται φέτος με την επέκταση του συστήματος καταγραφής δεδομένων σε μεγάλα βάθη στο θαλάσσιο περιβάλλον με την πόντιση ενός αυτόνομου παρατηρητηρίου πυθμένα που θα καταγράφει συστηματικά μια σειρά παραμέτρους σε μεγάλα βάθη και θα στέλνει τις παρατηρήσεις σε πραγματικό χρόνο στο επιχειρησιακό Κέντρο του συστήματος.

Η υποστήριξη της λειτουργίας του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ καλύπτεται μέχρι στιγμής από κονδύλια που διατίθενται στο ΕΛΚΕΘΕ από το Πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων, ενώ ανάμεσα στους αποδέκτες των προϊόντων του συστήματος είναι η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία καθώς και η Υδρογραφική Υπηρεσία του Πολεμικού Ναυτικού. Στη διάρκεια της σχεδόν δεκάχρονης πλήρους λειτουργίας του, το σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετές περιπτώσεις έρευνας και διάσωσης στο Αιγαίο πέλαγος ενώ έχει χρησιμοποιηθεί επιχειρησιακά και για την αντιμετώπιση περιστατικών διασποράς πετρελαϊκής ρύπανσης. Πέρα από την προφανή χρησιμότητα του συστήματος σε όλους τους τομείς δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη θάλασσα και κυρίως την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και τη διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, το σύστημα προσφέρει σημαντικά στοιχεία στην επιστημονική κοινότητα για την καλύτερη κατανόηση των μηχανισμών που υπάρχουν στο θαλάσσιο περιβάλλον, καταγράφοντας σε συστηματική βάση παραμέτρους που στο παρελθόν ήταν δυνατή μόνο η περιστασιακή καταγραφή τους. Ας σημειωθεί επίσης ότι το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ συμβάλει σημαντικά στην εφαρμογή από την χώρα μας πρόσφατων Ευρωπαϊκών Πολιτικών που αφορούν το θαλάσσιο περιβάλλον και ζητούν από τα κράτη μέλη να αναπτύξουν συστήματα παρατήρησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος για παρακολούθηση της κατάστασης του οικοσυστήματος και για στήριξη οικονομικών δραστηριοτήτων στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης. Το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ αποτελεί μια μοναδική ερευνητική υποδομή που αξιοποιείται από το ΕΛΚΕΘΕ τόσο για την παραγωγή νέας γνώσης αλλά και σαν βάση συμμετοχής της χώρας μας σε μεγάλες Ευρωπαϊκές και Παγκόσμιες υποδομές ενώ αποτελεί την συμβολή της χώρας μας στη Συνθήκη των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή.

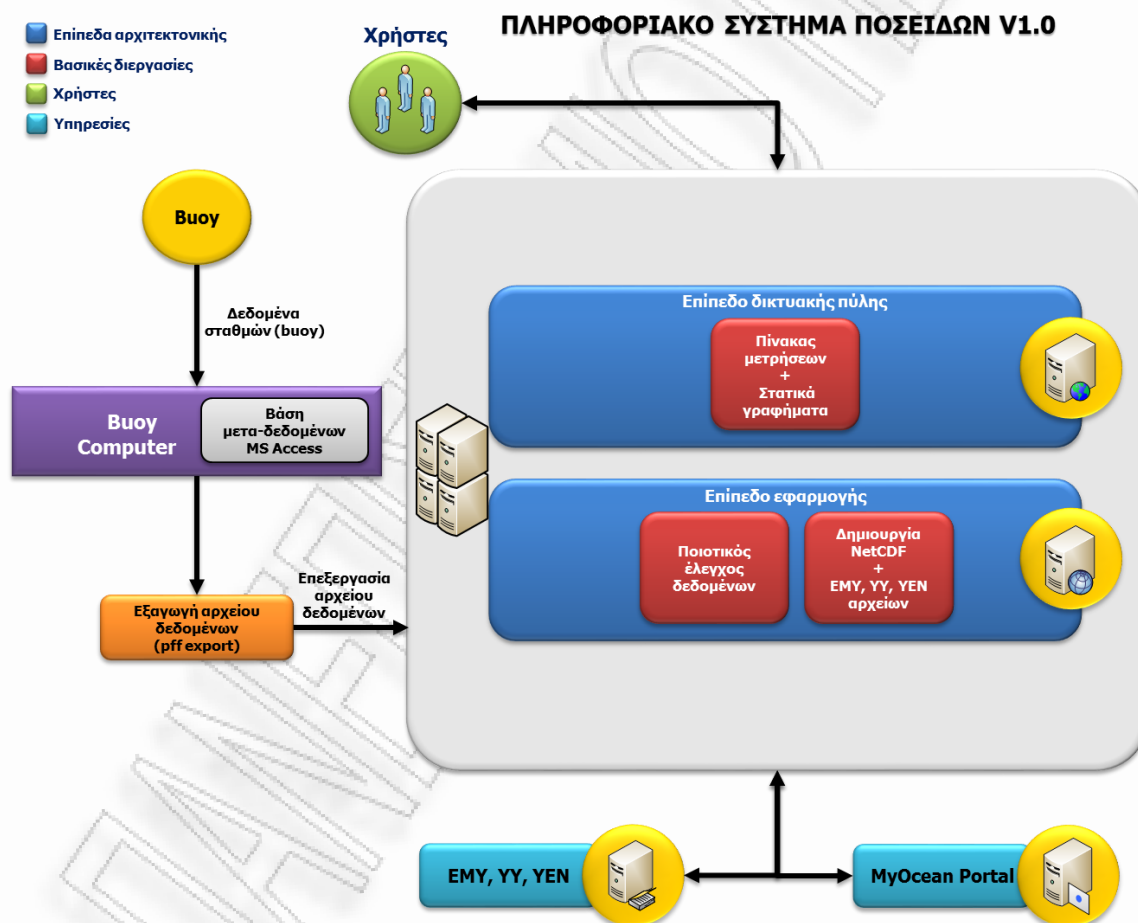
## 4.2 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΣΕΙΔΩΝ V1.0

Το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ στην πρώτη φάση λειτουργίας του χρησιμοποιούσε για τη διαχείριση των δεδομένων αποκλειστικά το λογισμικό που παρέχει η κατασκευάστρια εταιρεία των πλωτών μετρητικών σταθμών. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως (βλέπε Κεφάλαιο 2.1), για κάθε νέα πόντιση ενός πλωτού σταθερού μετρητικού σταθμού (buoy) δημιουργείται στο κέντρο συλλογής δεδομένων σε έναν εξυπηρετητή (Buoy Computer) ένα αρχείο binary, το οποίο ενημερώνεται συνεχώς (κάθε τρεις ώρες) με τις νέες μετρήσεις που

συλλέγουν οι αισθητήρες. Η προσπέλαση και επεξεργασία του αρχείου αυτού μπορεί να γίνει μόνο από τα προγράμματα της κατασκευάστριας εταιρείας.

Τα προγράμματα αυτά έχουν περιορισμένες δυνατότητες και μπορούν είτε να παρουσιάζουν τις μετρήσεις σε ένα πίνακα τιμών, είτε να τις παρουσιάζουν με απλά γραφήματα ή να τις εξάγουν σε ένα αρχείο της μορφής ASCII (pff export). Ουσιαστικά, για να πάρει κανείς δεδομένα έπρεπε να επιλέξει το (ή τα) buoy που τον ενδιαφέρουν, τις παραμέτρους που θέλει να μελετήσει και για ποιο χρονικό διάστημα. Το αρχείο που παραγόταν από την παραπάνω διαδικασία μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του συστήματος. Δεν υπήρχε κανένας άλλος τρόπος πρόσβασης στα δεδομένα. Η επεξεργασία και ανάλυση τους μπορούσε να γίνει μόνο για τα δεδομένα που περιελάμβανε το αρχείο που είχε εξαχθεί κάθε φορά.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η αρχιτεκτονική του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ στην πρώτη φάση λειτουργίας του. Σκοπός είναι μέσα από αυτό το σχήμα να γίνει μία αρχική περιγραφή του συστήματος και να τονιστούν οι αδυναμίες του που οδήγησαν στην ανάπτυξη του σύγχρονου πληροφοριακού συστήματος που θα περιγράψουμε στη συνέχεια.



Σχήμα 4.1: Η αρχιτεκτονική του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ (V1.0)

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω σχήμα πρόκειται για μια αρχιτεκτονική δύο επιπέδων, του επιπέδου εφαρμογής και του επιπέδου δικτυακής πύλης του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ. Απουσιάζει το επίπεδο της βάσης δεδομένων αφού η διαχείριση των δεδομένων γίνεται αποκλειστικά από το Buoy Computer και τα προγράμματα της κατασκευάστριας εταιρείας. Επομένως, για να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα για



οποιαδήποτε διεργασία χρειάζεται αρχικά να γίνει εξαγωγή ενός αρχείου με τις επιθυμητές μετρήσεις από το Buoy Computer και στη συνέχεια το αρχείο αυτό πρέπει να περάσει στο επίπεδο εφαρμογής για να επεξεργαστεί. Η αρχιτεκτονική αυτή, η οποία χρησιμοποιήθηκε από το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ στην πρώτη φάση λειτουργίας του, περιγράφεται στη συνέχεια. Πρώτα όμως γίνεται μια αναφορά στις υπηρεσίες του συστήματος ώστε να είναι κατανοητό στη συνέχεια ποιοι είναι οι φορείς με τους οποίους συνεργάζεται το ΕΛΚΕΘΕ και ποια είναι η συμμετοχή του στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα MyOcean.

#### 4.2.1 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Οι φορείς με τους οποίους το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών έχει υπογράψει σύμβαση συνεργασίας, στα πλαίσια του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ, είναι η ΕΜΥ (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία), η ΥΥ (Υδρογραφική Υπηρεσία) και το ΥΕΝ (Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας). Πιο συγκεκριμένα, με βάση τη σύμβαση αυτή οι τρεις παραπάνω φορείς πρέπει να λαμβάνουν καθημερινά κάποια από τα δεδομένα που στέλνουν οι μετρητικοί σταθμοί σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα αυτά αφορούν επιφανειακές μετρήσεις, ωκεανογραφικές και μετεωρολογικές. Οι μετεωρολογικές είναι:

- η θερμοκρασία του αέρα
- η ταχύτητα του ανέμου
- η διεύθυνση του ανέμου
- η ατμοσφαιρική πίεση

ενώ οι ωκεανογραφικές μετρήσεις είναι:

- η επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας
- ο επιφανειακός κυματισμός
- η επιφανειακή κυκλοφορία (θαλάσσια ρεύματα)

Η ΕΜΥ έχει εντάξει τα δεδομένα που συλλέγονται από τα buoys στο δίκτυο των δικών της σταθμών μέτρησης και συλλογής. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μετεωρολογικές υπηρεσίες σε παγκόσμια κλίμακα είναι η έλλειψη συστηματικών μετρήσεων της ατμοσφαιρικής πίεσης στην θάλασσα, γεγονός που εισάγει σημαντική αβεβαιότητα στα αρχικά πεδία με τα οποία τροφοδοτούνται τα αριθμητικά μοντέλα πρόγνωσης. Η έλλειψη αυτή γίνεται εύκολα αντιληπτή αν αναλογιστεί κανείς ότι περίπου το 60% της επιφάνειας της γης καλύπτεται από ωκεανούς. Η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των ωκεανών από όργανα που καταγράφουν την ατμοσφαιρική πίεση είναι από τους πρώτους στόχους του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού, καθώς η συγκεκριμένη παράμετρος εκτός του ότι είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αξιοπιστία των προγνώσεων, καταγράφεται μόνο με μετρήσεις στο πεδίο καθώς τα δορυφορικά συστήματα δεν έχουν τη δυνατότητα καταγραφής της. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, έχει ξεκινήσει από το 2003 το πρόγραμμα E-SURFMAR ([http://surfmar.meteo.fr/wikisurf/index.php/Main\\_Page](http://surfmar.meteo.fr/wikisurf/index.php/Main_Page), <http://www.eumetnet.eu/e-surfmar>), το οποίο συντονίζεται από το EUMETNET (European Meteorological Services Network) και στο οποίο αυτή τη στιγμή, συμμετέχουν 17 μετεωρολογικές υπηρεσίες από όλη την Ευρώπη μεταξύ αυτών και η ΕΜΥ. Σκοπός του προγράμματος είναι να συντονίσει, να βελτιώσει και προοδευτικά να ενοποιήσει τις μετρήσεις που λαμβάνονται στην επιφάνεια της θάλασσας με αυτές από τους μετεωρολογικούς σταθμούς. Για το λόγο αυτό, προκειμένου να καλυφθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επιφάνεια στη θάλασσα έχει ποντιστεί ένας μεγάλος αριθμός από παρασυρόμενους επιφανειακούς πλωτήρες (drifters) που περιλαμβάνουν αισθητήρες καταγραφής της ατμοσφαιρικής πίεσης. Επίσης, έχουν τοποθετηθεί αισθητήρες καταγραφής της ατμοσφαιρικής πίεσης σε πλοία ενώ συλλέγονται και δεδομένα από τους ωκεανογραφικούς σταθερούς πλωτήρες (buoys). Ο συντονισμός όλων των παραπάνω προσπαθειών έχει οδηγήσει σε σημαντική επέκταση των μετρήσεων της ατμοσφαιρικής πίεσης στο θαλάσσιο περιβάλλον, υπάρχουν όμως ακόμα μεγάλες γεωγραφικές περιοχές που πρέπει να καλυφθούν. Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, γίνεται σαφές ότι η ΕΜΥ χρησιμοποιεί τις μετρήσεις των σημαντήρων του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ για να καλύψει την συστηματική απουσία μετρήσεων στις θαλάσσιες περιοχές της χώρας.

Η ΥΥ αποτελεί κομμάτι του Πολεμικού Ναυτικού και χρειάζεται τα δεδομένα των buoys για την παροχή προγνώσεων ως υποστήριξη των πολεμικών επιχειρήσεων/ασκήσεων του Π.Ν. Οι προγνώσεις κυματισμού

από την ΥΥ παράγονται ακόμα εμπειρικά με χρήση κάποιων αλγορίθμων που τα αποτελέσματά τους βασίζονται στις τυπικές τιμές ανέμου και στην ανάπτυξη του κύματος.

Το YEN λαμβάνει τα δεδομένα των μετρητικών σταθμών του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ γιατί έχει ένα πλάνο δημιουργίας ενός προγράμματος το οποίο θα χρησιμοποιείται για να γίνονται κατά τόπους προγνώσεις εστιασμένες γύρω από κάποια επιλεγμένα νησιά αρχικά. Πιο συγκεκριμένα, με τη βοήθεια ενός δικτύου τοπικών προγνώσεων και με τη συμβολή των μετρήσεων των buoys έχει προταθεί να αναπτυχθούν κάποια μοντέλα πρόγνωσης από μία ομάδα ερευνητών του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών τα οποία θα είναι εστιασμένα γύρω από τα επιλεγμένα νησιά και θα κάνουν τοπικές εκτιμήσεις πρόγνωσης καιρού και κυματισμού για το επόμενο διάστημα με απώτερο στόχο την σταδιακή κατάργηση του γενικού απαγορευτικού απόπλου και την μεταφορά της λήψης αποφάσεων στα κατά τόπους λιμεναρχεία, τα οποία θα αποφασίζουν βοηθούμενα από τους σταθμούς μέτρησης και από τα τοπικά προγνωστικά συστήματα. Η προσπάθεια αυτή πάντως, έχει ατονήσει τα τελευταία χρόνια.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως εκτός από τους συνεργαζόμενους φορείς, τα δεδομένα που συλλέγονται από το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ είναι διαθέσιμα σε υπερεθνικούς φορείς συνεργασίας στον τομέα της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας, ενώ τα τελευταία χρόνια έχουν χρηματοδοτηθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο μεγάλα προγράμματα που έχουν ως κύριο στόχο την ομογενοποίηση των δεδομένων τόσο ως προς την μορφοποίηση τους (format) όσο και ως προς τον ποιοτικό τους έλεγχο. Ένα τέτοιο πρόγραμμα είναι και το MyOcean (<http://www.myocean.eu.org/>) το οποίο χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission) στα πλαίσια του προγράμματος GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Στόχος του MyOcean είναι να καθορίσει, να σχεδιάσει, να αναπτύξει και να πιστοποιήσει ένα συντονισμένο και ολοκληρωμένο πανευρωπαϊκό σύστημα διαμοιρασμού δεδομένων με σκοπό την παρακολούθηση των ωκεανών και τη δημιουργία προγνώσεων χρησιμοποιώντας τις κατά τόπους δυνατότητες των ωκεανογραφικών πληροφοριακών συστημάτων. Ουσιαστικά, το MyOcean δεν έχει σκοπό να επενδύσει τόσο πολύ στην έρευνα όσο στην ενοποίηση των διαφόρων ωκεανογραφικών πληροφοριακών συστημάτων, προκειμένου να μπορεί ο κάθε ενδιαφερόμενος να παίρνει από ένα τελικά και μόνο σύστημα, υψηλής ποιότητας ωκεανογραφική πληροφορία κατά μήκος και πλάτος των ωκεανών. Οι δραστηριότητές του καλύπτουν διάφορες περιοχές έρευνας όπως είναι η ασφάλεια στη θάλασσα, η πρόληψη διαρροών πετρελαίου, η διαχείριση θαλάσσιων πόρων, η κλιματική αλλαγή, οι εποχικές προγνώσεις, οι παράκτιες δραστηριότητες, οι έρευνες σε στρώματα πάγου, η ποιότητα του νερού και η μόλυνση του. Στο πρόγραμμα που ξεκίνησε το 2009 συμμετέχουν εξήντα συνεργάτες από εικοσιοκτώ διαφορετικές χώρες. Από τον Απρίλιο του 2012 το πρόγραμμα έχει μπει στη δεύτερη φάση του (MyOcean 2). Στα πλαίσια του προγράμματος MyOcean το ΕΛΚΕΘΕ έχει αναλάβει τη διαχείριση των δεδομένων που συλλέγονται από μετρητικούς σταθμούς στο πεδίο σε ολόκληρη τη Μεσόγειο. Μέσα σε αυτούς τους σταθμούς είναι και τα buoys, και η υποχρέωση του ΕΛΚΕΘΕ είναι να παρέχει καθημερινά αρχεία NetCDF για όλα τα buoys που διαθέτει. Στο τέλος κάθε μήνα πρέπει να δημιουργείται ένα μηνιαίο αρχείο NetCDF που να περιλαμβάνει τις μετρήσεις του σταθμού για τον μήνα που πέρασε. Σκοπός είναι να υπάρχουν μονίμως διαθέσιμα ιστορικά μηνιαία αρχεία για κάθε σταθμό από την πρώτη μέρα λειτουργίας του. Όπως έχουμε αναφέρει και στο κεφάλαιο 2.3.4 το πρότυπο NetCDF προσπαθεί να παρουσιάσει τα επιστημονικά δεδομένα με τον ίδιο τρόπο που θα το έκανε και ένας επιστήμονας, δηλαδή σαν σύνολα συσχετιζόμενων πινάκων. Ουσιαστικά, τα NetCDF αρχεία μπορούν να διαχειριστούν εύκολα και αποτελεσματικά μεγάλο όγκο δεδομένων. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα από τους ωκεανογράφους και τους μετεωρολόγους.

#### 4.2.2 ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στο επίπεδο εφαρμογής γίνεται ουσιαστικά η επεξεργασία των δεδομένων που έρχονται σε μορφή αρχείων από το Buoy Computer. Στο επίπεδο αυτό στην V1.0 γινόταν ο ποιοτικός έλεγχος των μετρήσεων και η δημιουργία των αρχείων που στέλνονται στους συνεργαζόμενους φορείς και στο portal του MyOcean.

Τα δεδομένα που φτάνουν από το δίκτυο των πλωτών σταθμών μέτρησης του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ είναι χρονοσειρές μετρήσεων ανά τρίωρο. Τα προβλήματα που παρουσιάζονται στις μετρήσεις αυτές είναι πολλά ξεκινώντας από τα τεχνικής φύσεως, όπως προβλήματα στην αποστολή των δεδομένων, δυσλειτουργίες

των αισθητήρων κ.α. Σημαντικά επίσης είναι και τα προβλήματα από εξωγενείς παράγοντες, όπως η καταπόνηση των οργάνων από το νερό και τα άλατα και την βιο-απόθεση (bio-fouling). Συνεπώς, χρειάζεται μία προσεκτική αντιμετώπιση των μετρήσεων που θα διασφαλίζει σε έναν ικανοποιητικό βαθμό την ποιότητα των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν για επιστημονική ανάλυση. Οι έλεγχοι που γίνονται για κάθε παράμετρο αφορούν:

- Τη διακύμανση των τιμών εντός των ορίων μέτρησης του εκάστοτε αισθητήρα,
- Τη συμφωνία των τιμών με την τοπική κλιματολογία,
- Την ανίχνευση μεμονωμένων μετρήσεων που ξεφεύγουν από την ομαλή διακύμανση της χρονοσειράς (spikes, outliers),
- Την καταγραφή συνεχόμενων ίδιων τιμών χωρίς διακύμανση, και
- Την ανυπαρξία τιμής για το συγκεκριμένο τρίωρο.

Με την ολοκλήρωση των ελέγχων σε κάθε μία τιμή στη βάση δεδομένων αντιστοιχεί και ένας δείκτης που δηλώνει είτε αν απέτυχε σε κάποιον έλεγχο (δείκτες 2, 3, 4), είτε αν πέρασε όλους τους ελέγχους επιτυχώς (δείκτης 1) ή αν δεν υπάρχει τιμή για το συγκεκριμένο τρίωρο (δείκτης 9). Στην V1.0 του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ ο ποιοτικός έλεγχος μπορούσε να γίνει μόνο στα δεδομένα του κάθε αρχείου που έστειλε το Buoy Computer. Η ίδια διαδικασία έπρεπε να επαναληφθεί δηλαδή ξεχωριστά για κάθε αρχείο δεδομένων που θέλαμε να ελέγξουμε. Με αυτόν τον τρόπο μπορούσαν να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες του συστήματος οι οποίες περιλαμβάνουν, τη δημιουργία NetCDF αρχείων με τις μετρήσεις των σταθμών μαζί με τους δείκτες ποιότητας τους, τη χρήση, για ερευνητικούς και μη σκοπούς, μόνο των μετρήσεων που πέρασαν επιτυχώς όλους τους ελέγχους κ.α.

Οι φορείς με τους οποίους συνεργάζεται το ΕΛΚΕΘΕ, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, είναι η EMY, η ΥΥ και το YEN. Για την αποστολή των δεδομένων στους φορείς αυτούς έπρεπε να γίνεται συνεχώς (κάθε τρεις ώρες που στέλνουν νέα δεδομένα οι σταθμοί) εξαγωγή ενός αρχείου ASCII από το Buoy Computer με τις νέες μετρήσεις κάθε φορά. Στη συνέχεια, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, ώστε να είναι στη μορφή που έχει συμφωνηθεί, το αρχείο αποστέλλοταν στους συνεργαζόμενους φορείς. Η παραπάνω διαδικασία αποτελούταν από δύο στάδια. Αρχικά, μέσω μιας προγραμματισμένης εργασίας σε περιβάλλον Windows (είναι εξ ορισμού το περιβάλλον λειτουργίας των προγραμμάτων της κατασκευάστριας εταιρείας) γινόταν η εξαγωγή του αρχείου ASCII που περιελάμβανε τα δεδομένα προς επεξεργασία (pif export). Στη συνέχεια, το αρχείο αυτό μεταφερόταν σε ένα περιβάλλον Linux, στο επίπεδο εφαρμογής, όπου γινόταν η απαραίτητη επεξεργασία ώστε να πάρει την τελική του μορφή. Τέλος, γινόταν η αποστολή του αρχείου στους συνεργαζόμενους φορείς. Η αποστολή των δεδομένων στο YEN γίνεται απλά με σύνδεση σε έναν απομακρυσμένο εξυπηρετητή (SSH - Secure Shell) και στη συνέχεια μεταφορά των δεδομένων (SCP - Secure Copy). Όσον αφορά την EMY και την ΥΥ, επειδή και οι δύο είναι φορείς του ΥΕΑ (Υπουργείο Εθνικής Αμυνας), παρόλο που τα δεδομένα του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ είναι αδιαβάθμητα, απαιτήσαν η αποστολή τους να γίνεται μέσω ευθείων γραμμών σύνδεσης που δημιουργήθηκαν αποκλειστικά και μόνο για την επικοινωνία του ΕΛΚΕΘΕ με την EMY και την ΥΥ. Σε κάθε άκρο αντιστοιχεί μία μοναδική IP. Η μεταφορά δεδομένων μέσω αυτού του διαύλου γίνεται με χρήση του FTP (File Transfer Protocol). Τέλος, η EMY έχει ζητήσει το όνομα του αρχείου να έχει συγκεκριμένη κωδικοποίηση ώστε να αναγνωρίζεται αρχικά από τα συστήματά της και στη συνέχεια να προχωράει η επεξεργασία του.

Για τη δημιουργία των αρχείων NetCDF αρχείων που είναι απαραίτητη για την υποστήριξη του προγράμματος MyOcean που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο έπρεπε να ακολουθηθεί μία συγκεκριμένη διαδικασία, καθώς στα αρχεία NetCDF έπρεπε να συμπεριλαμβάνονται και οι δείκτες ελέγχου ποιότητας τιμών των μετρήσεων. Αρχικά, έπρεπε να γίνεται καθημερινά εξαγωγή ενός αρχείου με τα δεδομένα που είχαν συλλεχθεί από όλους τους σταθμούς κατά τη διάρκεια της προηγούμενης μέρας. Το αρχείο αυτό στη συνέχεια έπρεπε να επεξεργαστεί ώστε να χωριστούν μεταξύ τους οι μετρήσεις των διαφόρων σταθμών. Θα μπορούσε να γίνεται και εξαγωγή ενός αρχείου για κάθε σταθμό αλλά τότε θα έπρεπε να επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία τόσες φορές όσα και τα ενεργά buoy κάθε φορά. Οπότε προτιμήθηκε η επιλογή της εξαγωγής ενός αρχείου μόνο, με τις μετρήσεις όλων των σταθμών. Ο διαχωρισμός έπρεπε να γίνεται γιατί ο ποιοτικός έλεγχος για κάθε σταθμό είναι διαφορετικός ανάλογα με την περιοχή που βρίσκεται ο σταθμός και την κλιματολογία της. Τα αποτελέσματα του ποιοτικού ελέγχου (δείκτες ποιότητας τιμών) μαζί με τις

μετρήσεις του κάθε σταθμού συλλέγονταν στη συνέχεια από ένα πρόγραμμα Fortran το οποίο αναλάμβανε να δημιουργήσει τα NetCDF αρχεία. Η διαδικασία αυτή γινόταν καθημερινά και με την ολοκλήρωσή της ενημερωνόταν το MyOcean MED Portal. Αντίστοιχη διαδικασία έπρεπε να επαναληφθεί και μία φορά το μήνα για τη δημιουργία των μηνιαίων αρχείων NetCDF για κάθε buoy.

#### 4.2.3 ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΠΥΛΗΣ

Η V1.0 του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ στο επίπεδο δικτυακής πύλης το μόνο που περιελάμβανε ήταν η παρουσίαση των μετρήσεων των σταθμών στους χρήστες, μέσω της ιστοσελίδας του ΠΟΣΕΙΔΩΝ (<http://www.poseidon.hcmr.gr>). Η παρουσίαση γινόταν με χρήση πινάκων και γραφημάτων. Στους πίνακες περιλαμβάνονταν οι τελευταίες μετρήσεις των σταθμών για τις πιο σημαντικές παραμέτρους. Οι ίδιες μετρήσεις παρουσιάζονταν και γραφικά για κάθε σταθμό με χρήση των στατικών γραφημάτων που μπορούν να δημιουργήσουν τα προγράμματα της κατασκευάστριας εταιρείας των σταθμών.

#### 4.2.4 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι οι δυνατότητες του συστήματος ήταν αρκετά περιορισμένες. Κάθε φορά που θέλαμε να χρησιμοποιήσουμε δεδομένα έπρεπε να συνδεθούμε στον υπολογιστή που είναι εγκατεστημένα τα προγράμματα της εταιρείας που έχει κατασκευάσει τους σταθμούς, στη συνέχεια να χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα που παράγει τα αρχεία δεδομένων και αφού κάνουμε τις επιλογές μας να εξάγουμε το αρχείο με τις μετρήσεις για περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία. Οι δυνατότητες επεξεργασίας περιορίζονταν κάθε φορά στα δεδομένα του αρχείου που είχε εξαχθεί. Για παράδειγμα, ο έλεγχος ποιότητας των δεδομένων, που αναφέραμε και προηγουμένως ή μια γραφική παράσταση των μετρήσεων μπορούσε να αφορά μόνο τα δεδομένα του εκάστοτε αρχείου. Για οποιαδήποτε αλλαγή έπρεπε να εξαχθεί ένα καινούριο.

Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα ήταν ότι ο υπολογιστής που είναι εγκατεστημένα τα προγράμματα των buoys λειτουργεί μόνο σε τοπικό επίπεδο και τα προγράμματα δεν έχουν κάποια διεπαφή ώστε να είναι προσβάσιμα μέσω διαδικτύου. Επομένως, η χρήση των προγραμμάτων περιοριζόταν σε όσους ήταν στο ΕΛΚΕΘΕ και είχαν δικαιώματα πρόσβασης στον υπολογιστή. Επιπλέον, επειδή ο υπολογιστής λειτουργεί σε περιβάλλον Windows XP, μόνο ένας χρήστης τη φορά μπορεί να έχει πρόσβαση στην επιφάνεια εργασίας του. Γενικά, το γεγονός ότι για να πάρει κάποιος δεδομένα έπρεπε να έχει απευθείας πρόσβαση στον υπολογιστή που είναι καταχωρημένα δημιουργούσε πολλά προβλήματα ασφαλείας και όχι μόνο.

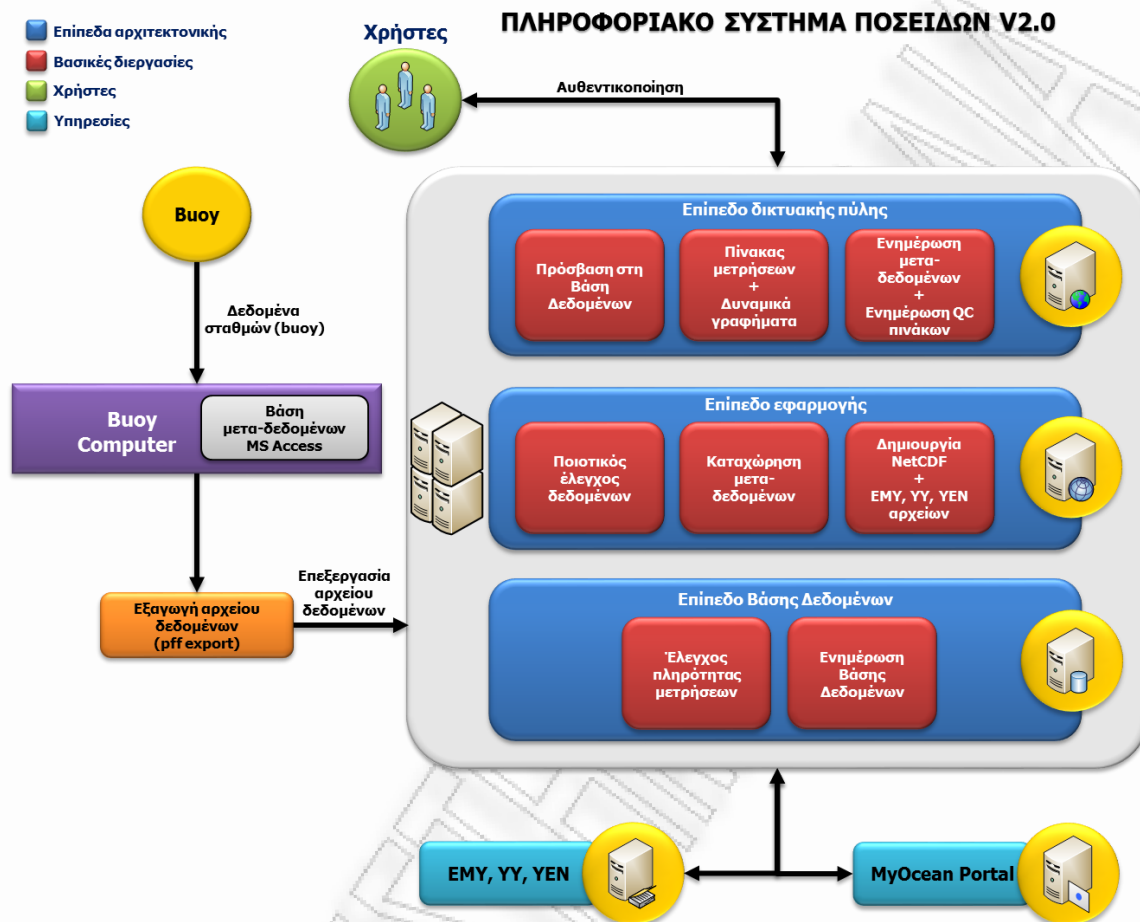
Η τελευταία δυσκολία που υπήρχε αφορούσε τα μετα-δεδομένα. Όπως έχει αναφερθεί και στο Κεφάλαιο 2.1.3 τα μετα-δεδομένα αφορούν τους αισθητήρες και τα όργανα γενικά που λαμβάνουν τις μετρήσεις. Είναι η αντιστοίχιση της μέτρησης με το όργανο που έκανε τη δειγματοληψία. Επίσης, περιλαμβάνουν και όλες τις λεπτομέρειες της πόντισης (αρχή και τέλος αυτής, αριθμός και είδος παραμέτρων, όνομα αρχείου πόντισης). Η δυσκολία με τα μετα-δεδομένα ήταν ότι δεν υπήρχε εμφανής σύνδεση τους με τα δεδομένα. Αν για παράδειγμα υπήρχε κάποια αστοχία ενός οργάνου και ήθελε κάποιος να ελέγξει ποιος κωδικός οργάνου είναι, έπρεπε να βρει τον κωδικό της πόντισης που αναφέρεται το όργανο και στη συνέχεια να το αναζητήσει στη βάση δεδομένων (MS Access) που συγκεντρώνονται όλα τα μετα-δεδομένα. Η βάση των μετα-δεδομένων παρόλο που βρίσκεται στον υπολογιστή που συλλέγονται και τα δεδομένα (buoy computer) δεν συνδέεται με κάποιο τρόπο με αυτά ώστε να μπορεί να γίνει μία συνδυασμένη αναζήτησή τους. Ουσιαστικά, η μόνη σύνδεση που υπάρχει μεταξύ τους αφορά το binary αρχείο της πόντισης που ενημερώνεται συνεχώς με τα νέα δεδομένα για κάθε σταθμό.

Γενικά, όπως φαίνεται και από την προηγούμενη ανάλυση υπήρχαν αρκετές δυσκολίες και η απουσία κεντροποιημένης διαχείρισης των δεδομένων είχε ως αποτέλεσμα ένα πληροφοριακό σύστημα που δεν ήταν ευέλικτο και αποτελεσματικό. Επομένως, κρίθηκε απαραίτητη η δημιουργία μιας σχεσιακής βάσης δεδομένων που θα μπορούσε να διαχειριστεί το μεγάλο όγκο δεδομένων ώστε αυτά να είναι εύκολα και άμεσα διαθέσιμα σε όλους τους ενδιαφερόμενους.



### 4.3 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΣΕΙΔΩΝ V2.0

Ο σκοπός της διατριβής αυτής είναι η δημιουργία ενός σύγχρονου πληροφοριακού συστήματος ικανού να διαχειριστεί τα δεδομένα του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ και να μπορεί να καλύψει όλες τις ανάγκες του. Η βάση δεδομένων του πληροφοριακού συστήματος περιλαμβάνει όλες τις μετρήσεις των σταθμών από την πρώτη μέρα επιχειρησιακής λειτουργίας του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ και ενημερώνεται ανελλιπώς καθημερινά ανά τρεις ώρες που στέλνουν οι σταθμοί τις νέες μετρήσεις. Τα δεδομένα αφού καταχωρηθούν στη βάση δεδομένων περνάνε από ποιοτικό έλεγχο προκειμένου να αξιολογηθούν και λαμβάνουν ένα δείκτη ανάλογα με το αν πέρασαν όλα τα στάδια του ελέγχου ή όχι. Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας ακολουθεί η εκτέλεση μιας υπηρεσίας η οποία αναλαμβάνει τη δημιουργία και αποστολή των αρχείων δεδομένων που προορίζονται για την ΕΜΥ, την ΥΥ και το ΥΕΝ. Καθημερινά επίσης δημιουργείται, για κάθε σταθμό, ένα αρχείο τύπου NetCDF με τις μετρήσεις της προηγούμενης ημέρας. Ένα αντίστοιχο αρχείο για κάθε σταθμό παράγεται και μία φορά το μήνα με όλες τις μετρήσεις του μήνα που πέρασε. Τα αρχεία αυτά δημιουργούνται στο πλαίσιο του MyOcean που, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, είναι ένα ευρωπαϊκό πρόγραμμα για την παρακολούθηση και πρόγνωση των ωκεανών. Παράλληλα με τις προηγούμενες διαδικασίες μέσα από την ιστοσελίδα που έχει κατασκευαστεί για τη βάση δεδομένων του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ είναι δυνατή η μεταφόρτωση δεδομένων από χρήστες. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα ενημέρωσης σχετικά με το ποιοι σταθμοί είναι ενεργοί κάθε στιγμή, ποιες παραμέτρους μετράνε και σε τι μονάδες μέτρησης. Επίσης, μέσα από γραφικές παραστάσεις και πίνακες μπορεί κανείς να δει τις μετρήσεις των σταθμών για διάφορες παραμέτρους τον τελευταίο μήνα. Τέλος, στη διεπαφή έχουν πρόσβαση και κάποιες άλλες κατηγορίες χρηστών με περισσότερα προνόμια προκειμένου να ενημερώνουν τους πίνακες που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ποιότητας τιμών των μετρήσεων και επίσης να καταχωρούν μέσα από ένα εύχρηστο περιβάλλον τα μετα-δεδομένα μετά από κάθε πόντιση. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η αρχιτεκτονική του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ στη δεύτερη φάση λειτουργίας του (V2.0), η οποία ισχύει μέχρι και σήμερα.



Σχήμα 4.2: Η αρχιτεκτονική του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ σήμερα (V2.0).

Το συγκεκριμένο πληροφοριακό σύστημα σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να παρέχει εύκολα, γρήγορα και αποτελεσματικά τις μετρήσεις των διαφόρων πλωτών σταθερών μετρητικών σταθμών του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ σε όλους τους ενδιαφερόμενους χρήστες και στους συνεργαζόμενους φορείς, ιδιαιτέρως και οργανισμούς. Η λογική της δημιουργίας του βασίστηκε στο γεγονός ότι ήταν αναγκαία η ανάπτυξη μιας κεντροποιημένης δομής διαχείρισης των δεδομένων αφού με την πρότερη κατάσταση ήταν σχεδόν ανέφικτη η δημιουργία και εκτέλεση αυτοματοποιημένων διαδικασιών επεξεργασίας και αποστολής δεδομένων, η διαχείριση και η αναζήτηση μετα-δεδομένων καθώς και η αναζήτηση και μεταφόρτωση δεδομένων από ενδιαφερόμενους χρήστες.

Οι ανάγκες και οι απαιτήσεις του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ καλύπτονται με τη δημιουργία ενός σύγχρονου πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης δεδομένων. Η ευελιξία και η χρηστικότητα του πληροφοριακού συστήματος καθιστούν δυνατή την εξυπηρέτηση όλων όσων επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα είτε για ανάλυση και επεξεργασία, είτε σε ωκεανογραφικά και μετεωρολογικά μοντέλα ή για οποιαδήποτε άλλη χρήση απλή ή μη. Πιο συγκεκριμένα, η αποστολή των δεδομένων στους συνεργαζόμενους φορείς γίνεται γρήγορα, αποτελεσματικά και με ασφάλεια με χρήση αυτοματοποιημένων υπηρεσιών. Ο έλεγχος ποιότητας τιμών των δεδομένων παρέχει μια ξεκάθαρη εικόνα για την αξιοπιστία ή μη των μετρήσεων που λαμβάνονται από τα όργανα και βοηθάει τους ερευνητές στην ανάλυσή των δεδομένων και στην επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων. Η καταχώρηση των μετα-δεδομένων και κυρίως η συσχέτισή τους με τα ίδια τα δεδομένα διευκολύνει τη συσχέτιση μεταξύ μιας λανθασμένης μέτρησης και ενός ελαττωματικού οργάνου. Επίσης,



καθίσταται δυνατή η ιστορική αναζήτηση των μετρήσεων ενός αισθητήρα σε συνδυασμό με την περιοχή που ήταν ποντισμένος κάθε φορά. Ένα σημαντικό ακόμη πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα μέσα από γραφικές παραστάσεις παρουσίασης των δεδομένων, γεγονός που βοηθάει και στην περαιτέρω ανάλυσή τους. Τέλος, μέσα από μια εύχρηστη διεπαφή οι χρήστες μπορούν εύκολα να μεταφορτώνουν δεδομένα, οι επιστημονικοί υπεύθυνοι να ενημερώνουν διάφορες παραμέτρους που έχουν σχέση με τον ποιοτικό έλεγχο τιμών και οι τεχνικοί υπεύθυνοι να καταχωρούν τα μετα-δεδομένα. Και όλα τα παραπάνω γίνονται από το πληροφοριακό σύστημα δίνοντας βάση στην διαλειτουργικότητα, την επαναχρησιμοποίηση των εφαρμογών και των υπηρεσιών, την επεκτασιμότητα, την ευελιξία και πολλά άλλα.

Συγκεντρωτικά, οι κύριοι στόχοι του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Ενημέρωση της βάσης δεδομένων με τις νέες μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο.
- Έλεγχος ποιότητας των δεδομένων και καταχώρηση των αποτελεσμάτων (δείκτες ποιότητας τιμών) στη βάση δεδομένων.
- Ενημέρωση των μετα-δεδομένων μετά από κάθε πόντιση και συσχέτισή τους με τα δεδομένα.
- Ασφαλής, άμεση και αυτοματοποιημένη αποστολή των δεδομένων στους συνεργαζόμενους φορείς (EMY, YY, YEN) με χρήση των μετρήσεων από τη βάση δεδομένων.
- Δημιουργία καθημερινών αλλά και μηνιαίων NetCDF αρχείων για το MyOcean MED Portal με χρήση των μετρήσεων από τη βάση δεδομένων.
- Δημιουργία μιας εύχρηστης διεπαφής για τη βάση δεδομένων στην οποία θα έχουν πρόσβαση εξουσιοδοτημένοι χρήστες.
- Εύκολη και άμεση μεταφόρτωση δεδομένων από πιστοποιημένους χρήστες μέσα από τη διεπαφή της βάσης δεδομένων.
- Δυνατότητα ενημέρωσης των πινάκων ελέγχου ποιότητας τιμών και καταχώρησης των μετα-δεδομένων σε εξουσιοδοτημένους χρήστες μέσα από τη διεπαφή της βάσης δεδομένων εύκολα και αποτελεσματικά.
- Δημιουργία δυναμικών γραφημάτων για ευκολότερη ανάλυση και παρουσίαση των μετρήσεων των οργάνων.
- Επαναχρησιμοποίηση των εφαρμογών και των υπηρεσιών.
- Επεκτασιμότητα και ευελιξία του συστήματος.

Για να επιτευχθούν όλοι οι παραπάνω στόχοι σχεδιάστηκε η αρχιτεκτονική τριών επιπέδων που φαίνεται στο Σχήμα 4.2 και περιγράφεται αναλυτικά στη συνέχεια.

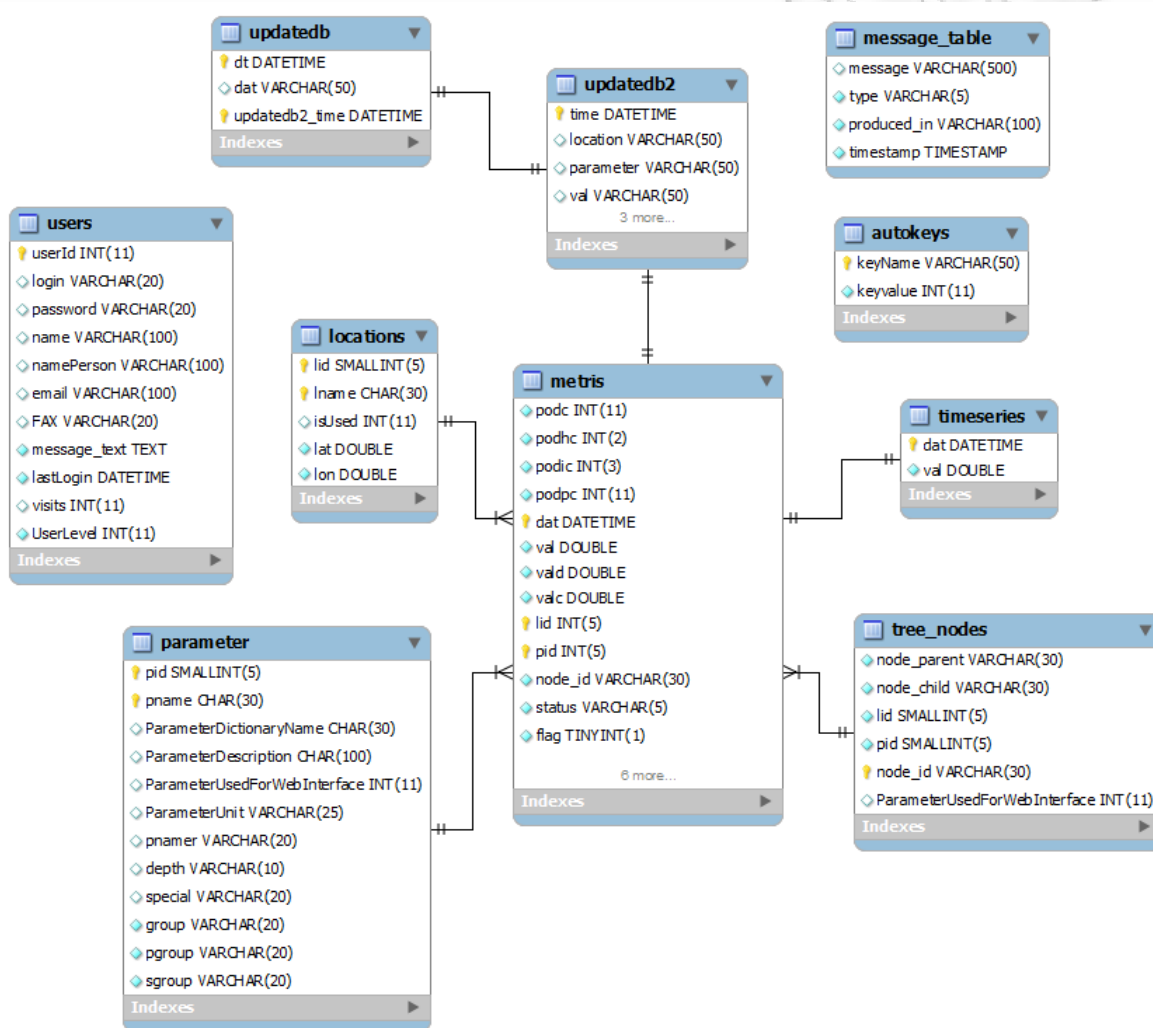
#### 4.3.1 ΕΠΙΠΕΔΟ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την υλοποίηση της βάσης δεδομένων του πληροφοριακού συστήματος χρησιμοποιήθηκε η MySQL, η οποία είναι ένα ελαφρύ και ευέλικτο σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων με ισχυρή πλατφόρμα διαχείρισης. Για τις ανάγκες του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων στην οποία καταχωρούνται όλα τα δεδομένα που στέλνουν οι μετρητικοί σταθμοί κάθε τρεις ώρες καθώς επίσης και τα μετα-δεδομένα της κάθε πόντισης. Συνολικά, η βάση δεδομένων, η οποία ονομάζεται `data_roseidon`, αποτελείται από τριάντα ένα (31) πίνακες. Για την καλύτερη περιγραφή και παρουσίαση των πινάκων αλλά και των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ τους, η βάση δεδομένων έχει χωριστεί σε τρία κομμάτια. Το πρώτο κομμάτι έχει να κάνει με την ενημέρωση της βάσης δεδομένων, το δεύτερο με τον ποιοτικό έλεγχο των δεδομένων και το τρίτο με την καταχώρηση των μετα-δεδομένων. Για το κάθε κομμάτι παρουσιάζεται ο εννοιολογικός σχεδιασμός του και γίνεται ανάλυση και περιγραφή των οντοτήτων που υπάρχουν σε αυτό. Για την απεικόνιση των οντοτήτων και των γνωρισμάτων τους χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο MySQL Workbench.

Όπως εύκολα μπορεί να παρατηρήσει κανείς, και τα τρία μέρη του εννοιολογικού σχεδιασμού της βάσης δεδομένων του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ περιλαμβάνουν τον πίνακα `metris`. Ο πίνακας αυτός συγκεντρώνει το σύνολο των μετρήσεων από όλους τους σταθμούς για κάθε τρίωρο που αυτοί στέλνουν δεδομένα. Στον πίνακα αυτό υπάρχει επίσης η στήλη `flag` η οποία ενημερώνεται κάθε φορά με τα αποτελέσματα του ποιοτικού ελέγχου

που γίνεται στα δεδομένα. Τέλος, όπως θα δούμε και στη συνέχεια στις πρώτες στήλες του πίνακα αυτού καταχωρούνται και στοιχεία που έχουν να κάνουν με τα μετα-δεδομένα ώστε να είναι άμεσα συνδεδεμένα με τα δεδομένα που αφορούν.

Το πρώτο κομμάτι του εννοιολογικού σχεδιασμού που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια αφορά την ενημέρωση της βάσης δεδομένων. Όπως φαίνεται και από το σχήμα, στην ενημέρωση της βάσης δεδομένων συμμετέχουν δέκα (10) πίνακες.



Σχήμα 4.3: Εννοιολογικός σχεδιασμός της βάσης δεδομένων. Πρώτο μέρος: Ενημέρωση της βάσης δεδομένων.

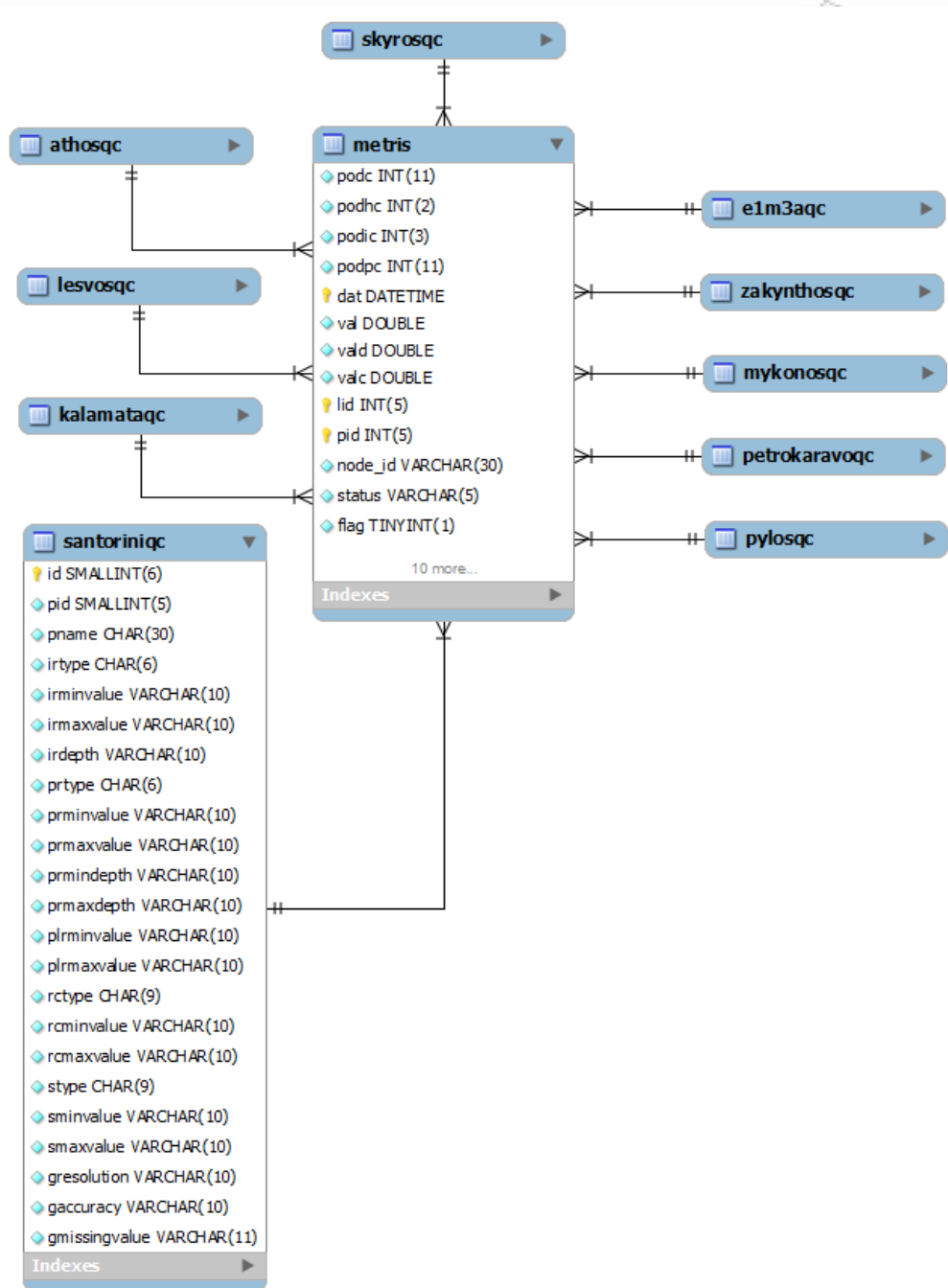
Πιο συγκεκριμένα, οι πίνακες που συμμετέχουν στην ενημέρωση της βάσης δεδομένων είναι:

- **Updatedb** και **updatedb2**: Δύο πίνακες που χρησιμοποιούνται από την διαδικασία της MySQL (MySQL Procedure) που ενημερώνει κάθε τρεις ώρες τη βάση δεδομένων με τις νέες μετρήσεις. Αρχικά, τα δεδομένα εισάγονται στον πίνακα updatedb αφού πρώτα επεξεργαστεί το αρχείο που έχει εξαχθεί από τον υπολογιστή που συλλέγονται προκειμένου να διαθέτει μόνο δύο στήλες. Στη μία στήλη βρίσκεται η ημερομηνία, στην άλλη οι μετρήσεις. Στη συνέχεια η MySQL διαδικασία

τα καταχωρεί στον πίνακα updatedb2 ταξινομώντας τα ανάλογα με την περιοχή και την παράμετρο. Στο σημείο αυτό γίνεται και ο έλεγχος αν έχουν στείλει όλοι οι σταθμοί τα δεδομένα που αναμένονται. Αν όχι, ενημερώνεται ο διαχειριστής της βάσης δεδομένων και ο πίνακας που καταγράφονται τα σφάλματα (message\_table). Τέλος, ενημερώνεται ο πίνακας metris με όλα τα δεδομένα που βρίσκονται στον πίνακα updatedb2 και οι πίνακες updatedb και updatedb2 αδειάζουν προκειμένου να δεχτούν τις νέες μετρήσεις το επόμενο τρίωρο.

- **Message\_table:** Στον πίνακα αυτό καταχωρούνται πιθανά σφάλματα κατά τη διαδικασία ενημέρωσης της βάσης δεδομένων.
- **Metris:** Σε αυτό το κομμάτι του εννοιολογικού σχεδιασμού ο πίνακας metris ενημερώνεται με τις νέες μετρήσεις που στέλνουν οι σταθμοί κάθε τρεις ώρες.
- **Locations:** Στον πίνακα αυτό περιλαμβάνονται τα ονόματα όλων των περιοχών στις οποίες έχει ποντιστεί κάποιο buoy μαζί με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της πόντισης. Ο πίνακας αυτός διαθέτει και μία στήλη (isUsed) που ενημερώνεται κάθε φορά ανάλογα με το αν ο σταθμός είναι ενεργός ή όχι (0 ή 1). Το γεωγραφικό πλάτος και μήκος για τους σταθμούς που είναι ενεργοί συμπληρώνεται από τον πίνακα rodisi που θα δούμε στη συνέχεια.
- **Parameter:** Ο πίνακας αυτός συγκεντρώνει όλες τις παραμέτρους που μετράνε τα buoy και οι αισθητήρες τους. Περιλαμβάνει στοιχεία για το όνομα κάθε παραμέτρου, μία περιγραφή της, τη μονάδα μέτρησής της καθώς και την ομάδα παραμέτρων στην οποία αντιστοιχεί (Τεχνικές, Ατμοσφαιρικές, Βιοχημικές, Υδρολογικές, Οπτικές, Κυματικές, Γεωγραφικές).
- **Timeseries:** Ο πίνακας αυτός περιέχει όλες τις χρονικές στιγμές (τρίωρα) από την πρώτη μέρα λειτουργίας του συστήματος μέχρι το 2100. Χρησιμοποιείται για να ελέγχεται αν υπάρχουν κενά τρίωρα στον πίνακα metris και λειτουργεί συμπληρωματικά ώστε να παρέχονται πλήρεις χρονοσειρές.
- **Tree\_nodes:** Ο πίνακας αυτός χρησιμοποιείται από την ιστοσελίδα της βάσης δεδομένων προκειμένου να παρουσιαστούν οι σταθμοί και οι παράμετροι που αυτοί υπολογίζουν σε μία ευέλικτη και αποτελεσματική δενδροειδής δομή.
- **Users:** Στον πίνακα αυτό καταχωρούνται οι χρήστες που έχουν πρόσβαση στη βάση δεδομένων μέσω της ιστοσελίδας της. Τα στοιχεία που περιλαμβάνονται είναι το όνομα χρήστη, ο κωδικός πρόσβασης, το ονοματεπώνυμο του χρήστη, το e-mail του χρήστη, το επίπεδο πρόσβασης που έχει στη βάση δεδομένων, πότε συνδέθηκε στην ιστοσελίδα τελευταία φορά και πόσες φορές την έχει επισκεφτεί.
- **Autokeys:** Περιλαμβάνει τον αριθμό των φορών που έχουν μεταφορτωθεί δεδομένα μέσα από την ιστοσελίδα της βάσης δεδομένων. Αυξάνεται κάθε φορά κατά ένα. Χρησιμοποιείται για την δημιουργία του αρχείου που μεταφορτώνεται.

Το δεύτερο κομμάτι του εννοιολογικού σχεδιασμού περιλαμβάνει τους πίνακες που συμμετέχουν στον ποιοτικό έλεγχο των δεδομένων. Ουσιαστικά, όπως μπορεί να παρατηρήσει κάποιος πολύ εύκολα από το σχήμα, πρόκειται για έντεκα πίνακες (11) στους οποίους περιλαμβάνονται ο πίνακας metris και τόσοι πίνακες όσες και οι περιοχές που έχουν ποντιστεί buoy. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η σχέση μεταξύ των πινάκων. Παρουσιάζεται ενδεικτικά ένας πίνακας ελέγχου ποιότητας δεδομένων γιατί και οι υπόλοιποι έχουν αντίστοιχα χαρακτηριστικά.

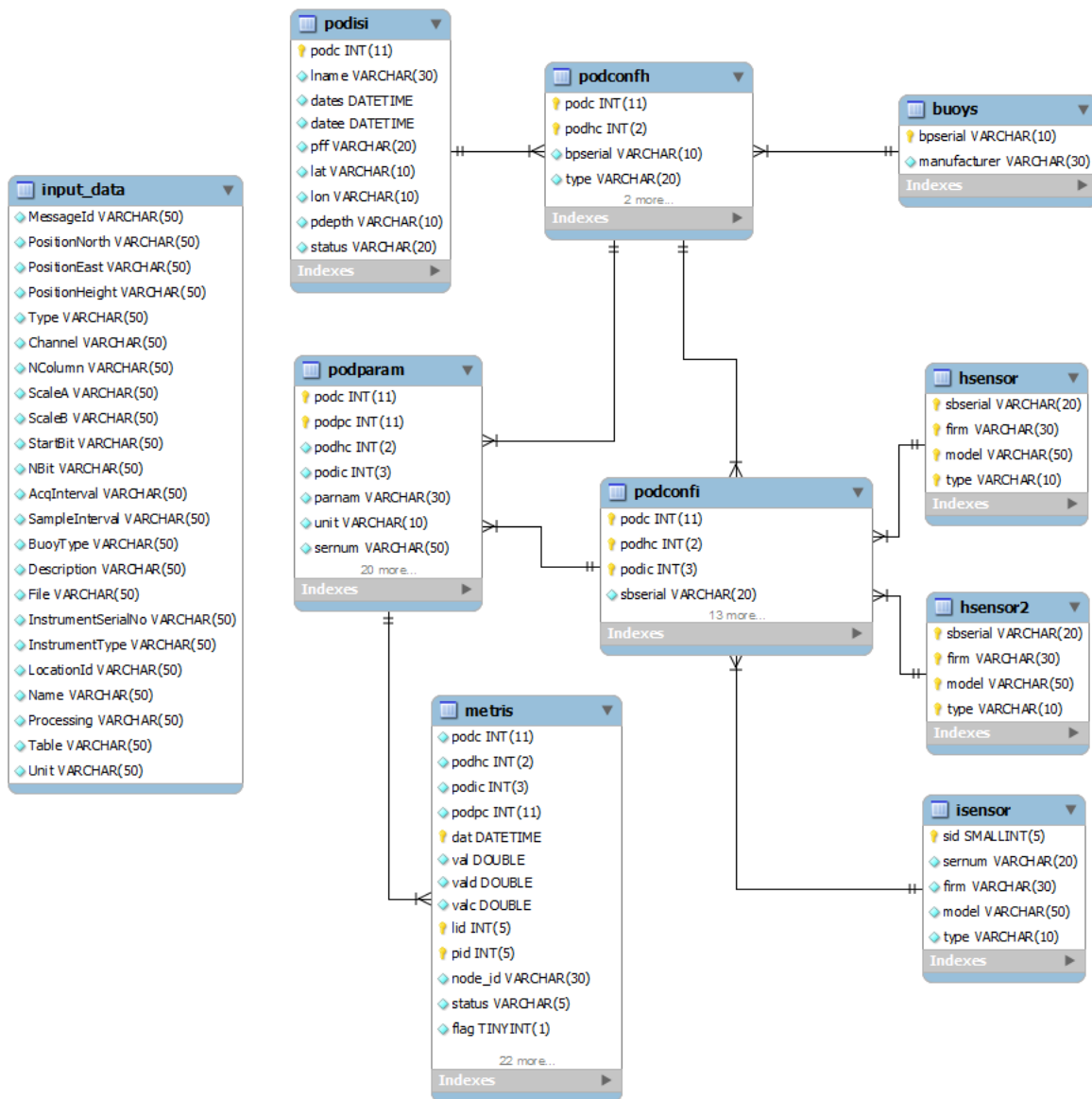


**Σχήμα 4.4: Εννοιολογικός σχεδιασμός της βάσης δεδομένων. Δεύτερο μέρος: Ποιοτικός έλεγχος των δεδομένων.**

Κάθε πίνακας που αντιστοιχεί σε μία περιοχή περιλαμβάνει τις παραμέτρους που θα περάσουν από τον ποιοτικό έλεγχο και τα όρια που έχουν τεθεί για κάθε στάδιο του ελέγχου. Η δημιουργία ξεχωριστού πίνακα για κάθε περιοχή είναι απαραίτητη γιατί πρώτον, δεν υπολογίζουν τις ίδιες παραμέτρους όλα τα buoy και δεύτερον, η κλιματολογία αλλάζει από περιοχή σε περιοχή άρα και τα όρια. Η σύνδεση με τον πίνακα metris

γίνεται για τις μετρήσεις οι οποίες θα περάσουν από ποιοτικό έλεγχο. Όπως θα δούμε και στη συνέχεια οι πίνακες αυτοί μπορούν να ενημερωθούν και μέσα από την ιστοσελίδα της βάσης δεδομένων από τον επιστημονικό υπεύθυνο των δεδομένων.

Το τρίτο και τελευταίο κομμάτι του εννοιολογικού σχεδιασμού αφορά τους πίνακες που συμμετέχουν στην καταχώρηση των μετα-δεδομένων στη βάση δεδομένων. Όπως φαίνεται και στο σχήμα αποτελείται από δέκα (10) πίνακες τους οποίους και θα περιγράψουμε στη συνέχεια.



Σχήμα 4.5: Εννοιολογικός σχεδιασμός της βάσης δεδομένων. Τρίτο μέρος: Καταχώρηση μετα-δεδομένων.

Οι πίνακες που συμμετέχουν στην καταχώρηση των μετα-δεδομένων είναι:

- **Buoys:** Περιλαμβάνει την κωδική ονομασία του κάθε buoy μαζί με το όνομα της κατασκευάστριας εταιρείας.
- **Hsensor:** Στον πίνακα αυτό είναι καταχωρημένοι οι κωδικοί όλων των αισθητήρων που μετράνε σε διάφορα βάθη την αγωγιμότητα, την θερμοκρασία, την πίεση (προαιρετικά) καθώς επίσης και μια σειρά από άλλες παραμέτρους (SBE 16).
- **Hsensor2:** Στον πίνακα αυτό είναι καταχωρημένοι οι κωδικοί όλων των οργάνων που μετράνε σε διάφορα βάθη την αγωγιμότητα, την θερμοκρασία και την πίεση (προαιρετικά) (SBE 37).
- **Isensor:** Περιλαμβάνει τους κωδικούς όλων των υπολοίπων οργάνων που διαθέτει το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ.
- **Input\_data:** Στον πίνακα αυτό καταχωρούνται στο πρώτο στάδιο επεξεργασίας τους τα μετα-δεδομένα όπως έχουν εξαχθεί από την βάση δεδομένων MS Access στην οποία και αποθηκεύονται αρχικά μετά από κάθε πόντιση. Λεπτομέρειες για τη διαδικασία καταχώρησης των μετα-δεδομένων θα δώσουμε στη συνέχεια.
- **Podisi:** Από τον πίνακα αυτό ξεκινάει η καταχώρηση των μετα-δεδομένων. Για κάθε νέα πόντιση προστίθεται μία νέα εγγραφή που περιλαμβάνει τον μοναδικό αριθμό της πόντισης (podc), την περιοχή που έγινε η πόντιση, το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της πόντισης, το βάθος της περιοχής που έγινε η πόντιση και την ημερομηνία έναρξης και λήξης της. Η ημερομηνία λήξης συμπληρώνεται όταν ανασύρουμε το buoy από την περιοχή.
- **Podconfh:** Κατά την καταχώρηση των μετα-δεδομένων για κάθε νέα πόντιση προστίθεται στον πίνακα αυτό μία νέα εγγραφή. Η εγγραφή αυτή περιλαμβάνει τον μοναδικό αριθμό της πόντισης (podc) από τον πίνακα podisi, μαζί με τον κωδικό του buoy που ποντίστηκε. Σε περίπτωση που ο σταθμός διαθέτει και πλατφόρμα μετρήσεων, η οποία βρίσκεται στον πυθμένα, καταχωρείται επιπλέον μία εγγραφή για τη συγκεκριμένη πόντιση με τον κωδικό της πλατφόρμας. Η στήλη podhc δηλώνει ουσιαστικά το αν υπάρχει και buoy και πλατφόρμα στην ίδια περιοχή πόντισης.
- **Podconfi:** Ο πίνακας podconfi περιλαμβάνει τον αριθμό (podic) των SBE 16 και SBE 37 που διαθέτει το κάθε buoy μαζί με τον κωδικό τους. Αφορά την κάθε πόντιση (podc) και το buoy (podhc) που ποντίστηκε.
- **Podparam:** Στον πίνακα podparam καταχωρούνται οι κωδικοί των αισθητήρων που βρίσκονται στο κάθε buoy (podhc), για κάθε πόντιση (podc), μαζί με το όνομα της παραμέτρου που υπολογίζουν και τη μονάδα μέτρησής της.
- **Metris:** Με την ολοκλήρωση της καταχώρησης των μετα-δεδομένων ενημερώνεται και ο πίνακας metris προκειμένου να υπάρχει σύνδεση μεταξύ των δεδομένων και των μετα-δεδομένων.

Η διαδικασία ενημέρωσης της βάσης δεδομένων του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ ξεκινάει με την εξαγωγή ενός ASCII αρχείου δεδομένων από τον υπολογιστή στον οποίο γίνεται η συλλογή όλων των μετρήσεων (buoy computer). Το αρχείο αυτό που περιλαμβάνει όλες τις τελευταίες κάθε φορά μετρήσεις των σταθμών εξάγεται μέσω μιας αυτοματοποιημένης διαδικασίας κάθε φορά που οι σταθμοί στέλνουν νέα δεδομένα (κάθε τρεις ώρες δηλαδή). Για την ενεργοποίηση της διαδικασίας έχει προστεθεί στο περιβάλλον Windows που δουλεύουν τα προγράμματα της κατασκευάστριας εταιρείας, μια προγραμματισμένη εργασία (scheduled task) η οποία κάθε τρεις ώρες ελέγχει αν έχουν στείλει δεδομένα οι σταθμοί και μόλις το επιβεβαιώσει εξάγει το αρχείο με τις τελευταίες μετρήσεις των σταθμών. Μόλις το αρχείο παραχθεί αποστέλλεται στον εξυπηρετητή της βάσης δεδομένων προκειμένου, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, να ενημερωθεί η βάση δεδομένων με τις νέες μετρήσεις.

Κατά την ενημέρωση της βάσης δεδομένων καλείται μία διαδικασία της MySQL (MySQL Procedure) η οποία ελέγχει αρχικά αν έχουν στείλει όλοι οι σταθμοί μετρήσεις και στη συνέχεια ενημερώνει τους πίνακες της βάσης δεδομένων. Σε περίπτωση που κάποιος αισθητήρας σε ένα σταθμό δεν έχει στείλει δεδομένα ενημερώνεται ο διαχειριστής της βάσης δεδομένων για το πρόβλημα και σε έναν πίνακα στη βάση (message\_table) προστίθεται μία εγγραφή με το σφάλμα καταχώρησης.



### 4.3.2 ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στο επίπεδο εφαρμογής εκτελούνται διάφορες αυτοματοποιημένες και μη διεργασίες οι οποίες ουσιαστικά επεξεργάζονται, ενημερώνουν ή τροποποιούν τα δεδομένα που είναι καταχωρημένα στη βάση. Αρχικά, με την ολοκλήρωση της ενημέρωσης της βάσης δεδομένων ενεργοποιείται αυτόματα η διαδικασία ελέγχου ποιότητας των τιμών των μετρήσεων. Τα δεδομένα που μόλις έχουν καταχωρηθεί περνάνε από τα διάφορα στάδια του ποιοτικού ελέγχου που αναφέραμε προηγουμένως. Στο τέλος της διαδικασίας η βάση δεδομένων ενημερώνεται έτσι ώστε σε κάθε τιμή που πέρασε από τον ποιοτικό έλεγχο να αντιστοιχεί ένας δείκτης ανάλογα με το πόσα επίπεδα ελέγχου πέρασε επιτυχώς. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα στιγμιότυπο του πίνακα των μετρήσεων της βάσης δεδομένων (metris) όπου η τελευταία στήλη του αντιστοιχεί στον δείκτη που πήρε η τιμή μετά την ολοκλήρωση του ελέγχου ποιότητας.

← T →	podc	podhc	podic	podpc	dat	val	vald	valc	lid	pid	node_id	status	flag
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-22 00:00:00	9.50684	9.50684	9.50684	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 21:00:00	9.88770	9.88770	9.88770	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 18:00:00	8.78906	8.78906	8.78906	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 15:00:00	10.82520	10.82520	10.82520	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 12:00:00	12.08496	12.08496	12.08496	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 09:00:00	11.98242	11.98242	11.98242	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 06:00:00	11.63086	11.63086	11.63086	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 03:00:00	9.16992	9.16992	9.16992	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 00:00:00	8.59863	8.59863	8.59863	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 21:00:00	9.37500	9.37500	9.37500	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 18:00:00	9.72656	9.72656	9.72656	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 15:00:00	11.16211	11.16211	11.16211	19	181	Mykonos181	OK	3
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 12:00:00	0.00000	0.00000	0.00000	19	181	Mykonos181	OK	4
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 09:00:00	10.78125	10.78125	10.78125	19	181	Mykonos181	OK	3
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 06:00:00	11.71875	11.71875	11.71875	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 03:00:00	11.01563	11.01563	11.01563	19	181	Mykonos181	OK	3
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 00:00:00	0.00000	0.00000	0.00000	19	181	Mykonos181	OK	4

Εικόνα 4.1: Δείκτης ποιότητας τιμών. Στιγμιότυπο της βάσης δεδομένων.

Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας όλες οι νέες μετρήσεις που έχουν στείλει οι σταθμοί είναι πια καταχωρημένες στη βάση δεδομένων και είναι και ποιοτικά ελεγμένες. Το γεγονός αυτό βοηθάει πολύ στην επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων καθώς μπορούν πολύ εύκολα να αναζητηθούν π.χ. μόνο οι τιμές εκείνες που πέρασαν με επιτυχία όλους τους ελέγχους (Δείκτης 1).

Μόλις ενημερωθεί η βάση δεδομένων και ολοκληρωθεί ο ποιοτικός έλεγχος ξεκινάει η επεξεργασία και αποστολή των δεδομένων στους συνεργαζόμενους φορείς (EMY, YY, YEN). Τα αρχεία με τις τελευταίες μετρήσεις που πρέπει να σταλούν στους φορείς παράγονται από μια διαδικασία που εκτελείται στο επίπεδο εφαρμογής η οποία χρησιμοποιεί τα δεδομένα που βρίσκονται στη βάση. Μόλις είναι έτοιμα, τα αρχεία αποστέλλονται στους συνεργαζόμενους φορείς με την ίδια διαδικασία που αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4.2.2. Η παραπάνω διαδικασία ολοκληρώνεται άμεσα καθώς τώρα πια δεν χρειάζεται να επεξεργάζεται κάποιο αρχείο με μετρήσεις αφού όλα τα δεδομένα είναι συγκεντρωμένα στη βάση και η προσπέλασή τους γίνεται πολύ γρήγορα.

Μία ακόμη διεργασία που εκτελείται σε καθημερινή αλλά και μηνιαία βάση από το επίπεδο εφαρμογής είναι η δημιουργία των NetCDF αρχείων για την εξυπηρέτηση του προγράμματος MyOcean. Για τη δημιουργία των αρχείων χρησιμοποιούνται από τη βάση δεδομένων οι μετρήσεις των σταθμών μαζί με τους δείκτες ποιότητάς τους. Ουσιαστικά, κάθε παράμετρος πρέπει να έχει στο NetCDF αρχείο έναν πίνακα με τις μετρήσεις ανά χρονική στιγμή και ανά βάθος και έναν πίνακα με τους δείκτες ποιότητας των μετρήσεων αυτών. Η δημιουργία των ημερήσιων αρχείων γίνεται μετά την αποστολή των τελευταίων δεδομένων της ημέρας (στις

21:00), ενώ η δημιουργία των μηνιαίων NetCDF αρχείων γίνεται την τελευταία μέρα του μήνα στις 21:00. Μετά τη δημιουργία τους τα αρχεία αποστέλλονται στο MyOcean MED Portal που ουσιαστικά πρόκειται για έναν εξυπηρετητή που βρίσκεται στο ΕΛΚΕΘΕ μιας και το ΕΛΚΕΘΕ, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, έχει αναλάβει τη διαχείριση των δεδομένων που συλλέγονται από μετρητικούς σταθμούς στο πεδίο σε ολόκληρη τη Μεσόγειο. Η ύπαρξη της βάσης δεδομένων έχει διευκολύνει κατά πολύ τη δημιουργία των NetCDF αρχείων αφού με ένα απλό SQL ερώτημα στη βάση συγκεντρώνονται όλες οι μετρήσεις των σταθμών μαζί με τους δείκτες ποιότητας των τιμών τους.

Μία ακόμη σημαντική διεργασία του επιπέδου εφαρμογής είναι η καταχώρηση των μετα-δεδομένων. Με την δημιουργία της βάσης δεδομένων δόθηκε η δυνατότητα προσθήκης των μετα-δεδομένων και σύνδεσής τους με τα δεδομένα που στέλνουν οι σταθμοί. Ουσιαστικά, αντιμετωπίστηκε η αδυναμία του προηγούμενου συστήματος (V1.0) που είχε να κάνει με το γεγονός ότι τα μετα-δεδομένα βρίσκονται στο Buoy Computer σε μια MS Access βάση δεδομένων χωρίς να υπάρχει κάποια σύνδεσή τους με τα δεδομένα παρά μόνο στο αρχείο που ενημερώνεται καθημερινά με τις νέες μετρήσεις. Στο πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε τα μετα-δεδομένα αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων και συνδέονται άμεσα με τις μετρήσεις που στέλνουν οι σταθμοί. Η διαδικασία καταχώρησης των μετα-δεδομένων ξεκινάει μόλις ολοκληρωθεί η συμπλήρωση των απαραίτητων πεδίων στην διεπαφή των μετα-δεδομένων που έχει δημιουργηθεί για αυτό το σκοπό και για την οποία θα μιλήσουμε στη συνέχεια. Ουσιαστικά, στο στάδιο της καταχώρησης ενημερώνεται η βάση δεδομένων με τις τιμές των πεδίων που έχουν συμπληρωθεί στη διεπαφή των μετα-δεδομένων. Στην εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε ένα στιγμιότυπο του πίνακα metris της βάσης δεδομένων στο οποίο φαίνονται οι κωδικοί που αφορούν τα μετα-δεδομένα και η σύνδεσή τους με τις μετρήσεις που έχουν στείλει οι σταθμοί.

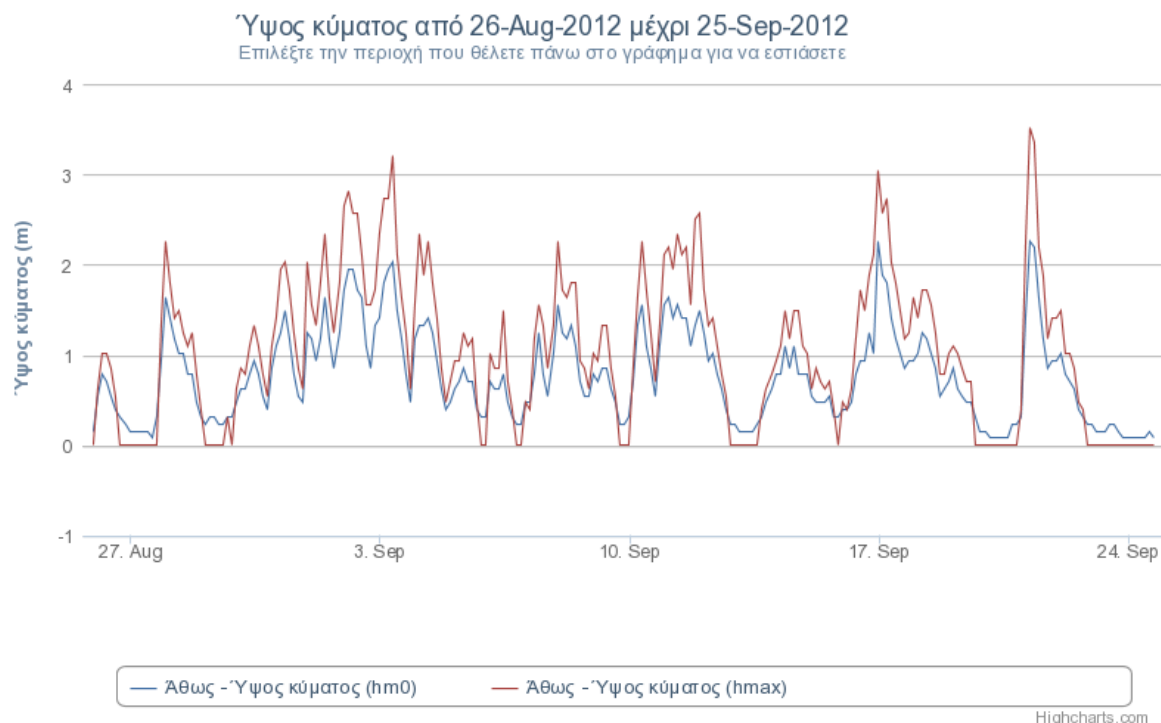
← T →	podc	podhc	podic	podpc	dat	val	vald	valc	lid	pid	node_id	status	flag
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-22 00:00:00	9.50684	9.50684	9.50684	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 21:00:00	9.88770	9.88770	9.88770	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 18:00:00	8.78906	8.78906	8.78906	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 15:00:00	10.82520	10.82520	10.82520	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 12:00:00	12.08496	12.08496	12.08496	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 09:00:00	11.98242	11.98242	11.98242	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 06:00:00	11.63086	11.63086	11.63086	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 03:00:00	9.16992	9.16992	9.16992	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-21 00:00:00	8.59863	8.59863	8.59863	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 21:00:00	9.37500	9.37500	9.37500	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 18:00:00	9.72656	9.72656	9.72656	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 15:00:00	11.16211	11.16211	11.16211	19	181	Mykonos181	OK	3
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 12:00:00	0.00000	0.00000	0.00000	19	181	Mykonos181	OK	4
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 09:00:00	10.78125	10.78125	10.78125	19	181	Mykonos181	OK	3
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 06:00:00	11.71875	11.71875	11.71875	19	181	Mykonos181	OK	1
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 03:00:00	11.01563	11.01563	11.01563	19	181	Mykonos181	OK	3
<input type="checkbox"/>	360	1	0	47	2012-07-20 00:00:00	0.00000	0.00000	0.00000	19	181	Mykonos181	OK	4

Εικόνα 4.2: Μετα-δεδομένα και δεδομένα στον πίνακα metris. Στιγμιότυπο της βάσης δεδομένων.

#### 4.3.3 ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΠΥΛΗΣ

Στο επίπεδο της δικτυακής πύλης μετά την αναβάθμιση του πληροφοριακού συστήματος δόθηκαν περισσότερες δυνατότητες στους χρήστες. Αρχικά, αναβαθμίστηκε ο τρόπος παρουσίασης των δεδομένων στην ιστοσελίδα του ΠΟΣΕΙΔΩΝ. Οι στατικές γραφικές παραστάσεις αντικαταστάθηκαν από δυναμικές που παρουσιάζουν τις μετρήσεις των σταθμών τις τελευταίες τριάντα μέρες παρέχοντας επιπλέον δυνατότητες στους χρήστες. Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε σημείο της γραφικής παράστασης φαίνεται η ακριβής μέτρηση της εκάστοτε παραμέτρου αρκεί ο χρήστης να μεταφέρει τον κέρσορα του ποντικιού του στο σημείο αυτό. Επίσης,

ο χρήστης μπορεί, αν το επιθυμεί, να εστιάσει σε οποιοδήποτε χρονικό διάστημα μέσα στον μήνα που παρουσιάζεται ώστε να παρατηρήσει σε μεγαλύτερη ανάλυση τα αποτελέσματα. Τέλος, δίνεται η δυνατότητα εκτύπωσης και μεταφόρτωσης των γραφημάτων. Στην επόμενη εικόνα ενδεικτικά βλέπουμε το σημαντικό και το μέγιστο ύψος κύματος στον Άθω για το διάστημα 26 Αυγούστου με 25 Σεπτεμβρίου. Η δημιουργία των γραφημάτων γίνεται με τη βοήθεια της javascript βιβλιοθήκης Highcharts (<http://www.highcharts.com/>).



**Εικόνα 4.3:** Γράφημα που παρουσιάζει το σημαντικό και το μέγιστο ύψος κύματος στον Άθω.

Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα που είχε η προηγούμενη αρχιτεκτονική, αν όχι το πιο σημαντικό, είναι ότι δεν μπορούσαν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα απλοί και μη χρήστες. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε η ιστοσελίδα της βάσης δεδομένων του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ. Η πρόσβαση στην ιστοσελίδα γίνεται από εξουσιοδοτημένους χρήστες και υπάρχουν τρεις διαφορετικοί ρόλοι χρηστών.

Αρχικά, υπάρχουν οι απλοί χρήστες οι οποίοι επιθυμούν να μεταφορτώσουν κάποια δεδομένα από τη βάση δεδομένων του πληροφοριακού συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ. Η πρόσβαση στην ιστοσελίδα επιτρέπεται μόνο σε εγγεγραμμένους χρήστες επομένως για να μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα χρειάζεται πρώτα να κάνει μία αίτηση εγγραφής στην υπηρεσία στην οποία να δηλώνει εκτός από κάποια προσωπικά στοιχεία και τον λόγο που επιθυμεί να έχει πρόσβαση στα δεδομένα. Μόλις η αίτηση του εγκριθεί του χορηγούνται ένα μοναδικό όνομα χρήστη και ένας μοναδικός κωδικός πρόσβασης τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει στην συνέχεια για να συνδεθεί στην υπηρεσία. Από τη στιγμή που θα συνδεθεί στην υπηρεσία ο χρήστης μπορεί να μεταφορτώσει τα δεδομένα που επιθυμεί επιλέγοντας μεταξύ των διαφόρων σταθμών μέτρησης και παραμέτρων και αφού πρώτα έχει καθορίσει το χρονικό διάστημα που τον ενδιαφέρει. Επίσης, μπορεί να πάρει πληροφορίες σχετικά με τις παραμέτρους που μετράνε οι διάφοροι αισθητήρες καθώς επίσης και να παρακολουθεί κάθε στιγμή ποιοι από τους σταθμούς μέτρησης είναι ενεργοί και ποιοι όχι.

Ένας άλλος ρόλος του συστήματος είναι ο επιστημονικός υπεύθυνος των δεδομένων, ο οποίος πρέπει να ελέγχει και να ενημερώνει τις πληροφορίες που παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα της βάσης δεδομένων και να ενημερώνει τους πίνακες ελέγχου ποιότητας τιμών. Η πρόσβαση του στην υπηρεσία γίνεται με χρήση του



ονόματος χρήστη και του κωδικού πρόσβασης που του έχουν δοθεί. Ο χρήστης αυτός ουσιαστικά έχει αυξημένες αρμοδιότητες και μπορεί μετά την είσοδό του στη διεπαφή να διαχειριστεί το περιεχόμενο της ιστοσελίδας και να έχει πρόσβαση στους πίνακες ελέγχου ποιότητας τιμών τους οποίους μπορεί και να επεξεργαστεί.

Τέλος, υπάρχει και ο τεχνικός υπεύθυνος των μετα-δεδομένων. Η ενημέρωση των μετα-δεδομένων γίνεται κάθε φορά που αρχίζει μία καινούρια πόντιση ή που ολοκληρώνεται μία άλλη. Η διαδικασία αυτή γίνεται συνήθως μετά από το ταξίδι συντήρησης των σταθμών που γίνεται κάθε έξι μήνες περίπου. Ο τεχνικός υπεύθυνος χρησιμοποιώντας τα αναγνωριστικά που του έχουν δοθεί συνδέεται στη διεπαφή της βάσης δεδομένων και μέσα από ένα εύχρηστο περιβάλλον καταχωρεί τα μετα-δεδομένα για κάθε μία πόντιση ξεχωριστά. Πιο συγκεκριμένα, τα μετα-δεδομένα, όπως έχουμε πει και προηγουμένως, είναι καταχωρημένα σε μία βάση δεδομένων MS Access στον υπολογιστή που γίνεται και η συλλογή των δεδομένων. Ο τεχνικός υπεύθυνος πρέπει μετά από κάθε ταξίδι συντήρησης να εξάγει ένα αρχείο με τα μετα-δεδομένα των ποντίσεων που έγιναν στο ταξίδι και να το εισάγει σε μία φόρμα που υπάρχει στην ιστοσελίδα των μετα-δεδομένων. Στη συνέχεια, μέσα από ένα εύχρηστο περιβάλλον συμπληρώνει κάποια στοιχεία που αφορούν την κάθε πόντιση και δεν είναι συμπληρωμένα στο αρχείο, και κάνει και πιθανές διορθώσεις στα μετα-δεδομένα που είναι να καταχωρηθούν. Μόλις ολοκληρώσει τη διαδικασία τα μετα-δεδομένα καταχωρούνται στη βάση δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα αναζήτησης και ελέγχου των μετρήσεων με βάση το όργανο που έκανε τη συλλογή και γενικά ή πλήρης αντιστοίχιση των δεδομένων με όλα τα στοιχεία της πόντισης.

Η δημιουργία της ιστοσελίδας της βάσης δεδομένων έδωσε τη δυνατότητα σε κάθε ενδιαφερόμενο χρήστη να έχει πρόσβαση στα δεδομένα των buoys και να μπορεί να τα χρησιμοποιεί για περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία. Έδωσε επίσης τη δυνατότητα καταχώρησης των μετα-δεδομένων και της άμεσης συσχέτισης τους με τα δεδομένα που συλλέγονται από τους σταθμούς. Ένα σημαντικό ακόμα στοιχείο είναι ότι η πρόσβαση στα δεδομένα επιτρέπεται μόνο σε εξουσιοδοτημένους χρήστες που είναι καταχωρημένοι στη βάση δεδομένων. Κανένας χρήστης πέρα από τον διαχειριστή της βάσης δεν έχει απευθείας πρόσβαση στα δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται το επίπεδο ασφαλείας του συστήματος και προστατεύονται τα δεδομένα. Τέλος, μοιράστηκε και ο φόρτος εργασίας από τη στιγμή που η ιστοσελίδα της βάσης βρίσκεται σε διαφορετικό εξυπηρετητή. Το μόνο που χρειάζεται να κάνει ο εξυπηρετητής της βάσης δεδομένων είναι να εκπληρώσει τα αιτήματα των διάφορων χρηστών που του στέλνει ο εξυπηρετητής της ιστοσελίδας.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά το σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός σύγχρονου πληροφοριακού συστήματος πρέπει να λαμβάνονται υπόψη επτά αρχιτεκτονικές απαιτήσεις οι οποίες έχουν ισχυρούς δεσμούς αλληλεξάρτησης μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα οι απαιτήσεις αυτές είναι η επαναχρησιμοποίηση, η διαλειτουργικότητα, η επεκτασιμότητα, η ασφάλεια, η ιδιωτικότητα, η αρθρωτή δομή και τα ανοιχτά πρότυπα. Η ικανοποίηση των απαιτήσεων αυτών προϋποθέτει από τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς να βελτιστοποιήσουν τις υπάρχουσες διαδικασίες τους και να εκθέσουν τις εφαρμογές τους με έναν προτυποποιημένο τρόπο.

Η υπηρεσιοστραφής αρχιτεκτονική (SOA) θέτει στο κέντρο των επιχειρησιακών διαδικασιών και συναλλαγών τις υπηρεσίες οι οποίες χρησιμοποιούν μια προτυποποιημένη γλώσσα περιγραφής και επικοινωνούν μεταξύ τους με σκοπό την υποστήριξη ενός κοινού επιχειρησιακού έργου ή διαδικασίας. Με τη χρήση της αρχιτεκτονικής SOA δίνεται η δυνατότητα στους προγραμματιστές να συνθέσουν τις καλύτερες και καταλληλότερες υπηρεσίες που βρίσκονται στο διαδίκτυο σύμφωνα με τις επιχειρησιακές ανάγκες και απαιτήσεις χωρίς να υπάρχει κανένας περιορισμός στη χρήση πλατφορμών και γλωσσών προγραμματισμού. Εξαιτίας της επεκτασιμότητας, της ευελιξίας, της διαλειτουργικότητας και άλλων χαρακτηριστικών οι υπηρεσίες ιστού θεωρούνται η πιο κατάλληλη τεχνολογία για την ολοκλήρωση της αρχιτεκτονικής SOA. Επενδύοντας στην αρχιτεκτονική SOA και στις τεχνολογίες και τα πρότυπα που την υποστηρίζουν, όπως οι υπηρεσίες ιστού και το ESB, εξασφαλίζεται για την επιχείρηση ή τον οργανισμό ευελιξία, καλή λειτουργία και μακροπρόθεσμη επιτυχία. Είναι σημαντικό παράλα αυτά πριν την υιοθέτηση της υπηρεσιοστραφούς αρχιτεκτονικής να γίνεται σοβαρή μελέτη και ανάλυση της κατάστασης και των συνθηκών που επικρατούν στην επιχείρηση ή τον οργανισμό. Επίσης, εξαιτίας της πολυπλοκότητας των σύγχρονων υπηρεσιών, απαιτείται να υλοποιηθούν και να υποστηρίζονται προηγμένοι μηχανισμοί ασφαλείας καθώς χρειάζεται να υποστηριχθεί η συνεργασία μεταξύ πολλών διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων και να διαχειριστούν ευαίσθητα δεδομένα.

Τα σύγχρονα ωκεανογραφικά πληροφοριακά συστήματα πρέπει εκτός από τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως να πληρούν και κάποιες άλλες προϋποθέσεις. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει να μπορούν να διαχειριστούν αποτελεσματικά τον μεγάλο όγκο δεδομένων που συλλέγονται καθημερινά από τους διάφορους μετρητικούς σταθμούς και να μπορούν να τα διαθέτουν σε όλους τους ενδιαφερόμενους σε πραγματικό χρόνο.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή μελετήθηκε το ωκεανογραφικό πληροφοριακό σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ με σκοπό να εντοπιστούν και να αναβαθμιστούν οι αδυναμίες και οι ελλείψεις του. Η πιο σοβαρή αδυναμία εντοπίστηκε στο γεγονός ότι δεν υπήρχε δυνατότητα σε κάποιον απλό και μη χρήστη να έχει πρόσβαση στα δεδομένα μέσω κάποιας διεπαφής. Ο μόνος τρόπος ήταν μέσω του Buoy Computer. Επίσης, το γεγονός ότι για κάθε διεργασία έπρεπε να γίνεται εξαγωγή ενός νέου αρχείου με δεδομένα περιόριζε σημαντικά την ευελιξία του συστήματος και επέτρεπε ουσιαστικά την ανάλυση και επεξεργασία μόνο των δεδομένων που βρίσκονταν στο εκάστοτε αρχείο. Για οποιαδήποτε αλλαγή, π.χ. μεγαλύτερο χρονικό εύρος δεδομένων, έπρεπε να εξάγεται νέο αρχείο και να επεξεργάζεται εκ νέου. Επιπλέον, ο ποιοτικός έλεγχος των δεδομένων που είναι πολύ σημαντικός για την επιστημονική ανάλυση τους έπρεπε να γίνεται κάθε φορά σε κάθε αρχείο ξεχωριστά. Τέλος, δεν υπήρχε η δυνατότητα αντιστοίχισης των μετα-δεδομένων με τα δεδομένα προκειμένου να μπορεί να γίνεται εύκολη αναζήτηση των κωδικών των οργάνων που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των μετρήσεων.

Η αναβάθμιση του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ έγινε με γνώμονα την ικανοποίηση των απαιτήσεων των σύγχρονων ωκεανογραφικών πληροφοριακών συστημάτων. Η υπηρεσιοστραφής αρχιτεκτονική τριών επιπέδων θεωρήθηκε η καλύτερη λύση μιας και αυξάνει τη διαλειτουργικότητα, την επεκτασιμότητα και την ευελιξία του συστήματος. Με τη δημιουργία της βάσης δεδομένων δόθηκε η δυνατότητα ποιοτικού ελέγχου στο σύνολο των μετρήσεων και πλέον μπορεί κανείς πολύ εύκολα να αναζητήσει π.χ. μόνο τις μετρήσεις εκείνες που έχουν περάσει επιτυχώς όλους τους ελέγχους (Δείκτης 1). Η προσθήκη των μετα-δεδομένων στη βάση δεδομένων και η σύνδεση τους με τις μετρήσεις έλυσε το γρίφο της αντιστοίχισης της μέτρησης με το όργανο που έκανε τη συλλογή. Με τη δημιουργία της δικτυακής πύλης της βάσης δεδομένων δόθηκε η δυνατότητα σε όλους τους ενδιαφερόμενους χρήστες, αφού πρώτα εξουσιοδοτηθούν, να έχουν πρόσβαση στα

δεδομένα και να μπορούν να τα μεταφορτώσουν για περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία. Τέλος, σημαντική ήταν και η αναβάθμιση στο επίπεδο των υπηρεσιών του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ προς τρίτους φορείς (ΕΜΥ, ΥΥ, ΥΕΝ, MyOcean) καθώς η δημιουργία των αρχείων γίνεται άμεσα με ένα απλό SQL ερώτημα στη βάση και η αποστολή τους ολοκληρώνεται σε πραγματικό χρόνο.

Ένα κομμάτι της έρευνας περιελάμβανε και μελλοντικές επεκτάσεις του υπάρχοντος πληροφοριακού συστήματος σε επίπεδο ασφάλειας επικοινωνιών και δεδομένων και σε επίπεδο διαχείρισης δεδομένων. Πρόσφατα, στα πλαίσια της συνεργασίας δύο προγραμμάτων (MyOcean και SeaDataNet), προέκυψε η ανάγκη διαχείρισης πολύ μεγάλου όγκου δεδομένων από το πληροφοριακό σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ τα οποία θα περιλαμβάνουν μετρήσεις οργάνων από διάφορα ωκεανογραφικά ινστιτούτα ανά τη Μεσόγειο. Τα δεδομένα θα φτάνουν στο κέντρο συλλογής δεδομένων του ΠΟΣΕΙΔΩΝ αποθηκευμένα σε αρχεία. Οι τύποι των αρχείων μπορεί να είναι διαφορετικοί για κάθε ινστιτούτο καθώς πέραν του προτύπου NetCDF χρησιμοποιούνται και άλλα πρότυπα από την ωκεανογραφική κοινότητα όπως είναι το ODV (Ocean Data View). Αρχικά, για να αντιμετωπιστεί η δυσκολία διαχείρισης των διαφορετικών τύπων αρχείων και πρωτοκόλλων επικοινωνίας θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα ESB το οποίο θα αναγνωρίζει όποιον θέλει να συνδεθεί στο πληροφοριακό σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ (το SeaDataNet στην προκειμένη περίπτωση) και τον τύπο του αρχείου που πρόκειται να στείλει και θα αναλαμβάνει όλη τη διαδικασία πιστοποίησης του αποστολέα και επεξεργασίας του αρχείου ώστε να μην επηρεάζεται η υπόλοιπη υλοποίηση του πληροφοριακού συστήματος και να υπάρχει μόνο μια υπηρεσία που θα συνδέει το ESB με το πληροφοριακό σύστημα. Όσον αφορά την ασφάλεια των επικοινωνιών και των δεδομένων θα μπορούσε να στηθεί μια Υποδομή Δημόσιας Κλείδας στο σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ που να τη διαχειρίζεται το ίδιο το σύστημα και να αναλαμβάνει την έκδοση διαπιστευτηρίων (πιστοποιητικά, ζεύγη κλειδιών) σε τρίτους φορείς (όπως είναι τώρα η ΕΜΥ, η ΥΥ και το ΥΕΝ) ώστε να είναι πιο ασφαλείς οι επικοινωνίες και τα δεδομένα που μεταφέρονται.