

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ



«Εφαρμογή Αντίστροφης Μηχανικής με χρήση 3D Laser σαρωτή για την εγκατάσταση συστήματος Ballast Water Treatment σε πλοία»

«Reverse Engineering implementation by using 3D Laser scanner for installing Ballast Water Treatment on ships»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΡΕΡΗΣ ΒΕΝΕΔΙΚΤΟΣ

ΑΜ: 04047

ΤΜΗΜΑ : Μηχανολόγων Μηχανικών, ΠΑ.Δ.Α.

ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ : κ. Σαγιάς Βασίλειος

κ. Στεργίου Κωνσταντίνος

ΑΙΓΑΛΕΩ 2020

Copyright © Φρέρης Βενέδικτος,2020.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα μιας σειράς αλληλεπιδράσεων με αρκετά άτομα, τα οποία έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην διεξαγωγή και ολοκλήρωσή της. Έτσι λοιπόν αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε έναν-έναν ξεχωριστά, εκτιμώντας την στήριξη και την πολύτιμη βοήθεια τους.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου, κ. Σαγιά Βασίλειο και κ. Στεργίου Κωνσταντίνο για την συνεχή καθοδήγηση, τις σημαντικές συμβουλές αλλά και για την ενθάρρυνση και στήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της διπλωματικής εργασίας.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω το Ναυπηγείο Σύρου με την επωνυμία “Onex Neorion Shipyards S.A”. Πιο συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Διευθυντή παραγωγής κ. Συκουτρή Ιωάννη, ο οποίος μου έδωσε το έναυσμα για την συγκεκριμένη διπλωματική, το πολύ σημαντικό υλικό που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της συγγραφής της, αλλά και την πολύτιμη και απλόχερη βοήθειά του. Επίσης, θερμές ευχαριστίες στον προϊστάμενο τμήματος του Σωληνουργείου κ. Βενιό Στέφανο ο οποίος με προμήθευσε με επιπλέον σημαντικό υλικό.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω την ναυτιλιακή σχεδιαστική εταιρία “PSA Marine Bureau” με έδρα τον Πειραιά, η οποία μου προσέφερε υλικό αρχείων και σχεδίων.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλη την οικογένεια μου για την στήριξη και συμπαράστασή τους στα φοιτητικά μου χρόνια, διότι χωρίς εκείνους όσα έχω καταφέρει μέχρι σήμερα δεν θα είχαν πραγματοποιηθεί.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει στόχο να παρουσιάσει τη σπουδαιότητα χρήσης της τεχνικής της αντίστροφης μηχανικής μέσω της τεχνολογίας τρισδιάστατου σαρωτή λέιζερ, για την εγκατάσταση του συστήματος επεξεργασίας υδάτινου έρματος στα πλοία. Στις μέρες μας καθιστάτε επιτακτική η χρήση μιας καινοτόμας εφαρμογής στον τομέα της ναυτιλίας, προκειμένου να επιτευχθεί η ισορροπία του υποθαλάσσιου οικοσυστήματος, μέσω της σωστής διαχείρισης-επεξεργασίας του υδάτινου έρματος. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μέσα από βιβλιογραφική έρευνα η τεχνική της αντίστροφης μηχανικής και οι διαθέσιμες τεχνολογίες “3D” σαρωτών, οι οποίες διαχωρίζονται με βάση τον τρόπο ανάκτησης των δεδομένων, ενώ συγχρόνως αναλύονται και οι τεχνικές σάρωσης. Στη συνέχεια, διευκρινίζονται οι τρόποι επεξεργασίας των δεδομένων ανάκτησης ως αποτελέσματα των σαρώσεων, αλλά και τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό, τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στην ολοκλήρωση των διεργασιών και επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η σημαντικότητα του υδάτινου έρματος στην ασφαλή πλεύση των πλοίων αλλά ταυτόχρονα και το πρόβλημα το οποίο δημιουργείται. Έπειτα, αναλύονται οι κινητοποιήσεις οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί ως απάντηση στο μείζον αυτό θέμα, οι κατάλληλες μέθοδοι επεξεργασίας υδάτινου έρματος αλλά και οι τεχνολογίες που υπάρχουν για την αντιμετώπισή του καθώς και τα κριτήρια επιλογής τους. Η διπλωματική εργασία αυτή ολοκληρώνεται μέσα από την παρουσίαση μιας μελέτη περίπτωσης σχετικά με την εγκατάσταση συστήματος επεξεργασίας υδάτινου έρματος υπό πραγματικές συνθήκες, εκμεταλλευόμενη την τεχνική της αντίστροφης μηχανικής για το στάδιο της σχεδιαστικής μελέτης. Μέσα από την μελέτη περίπτωσης επιτυγχάνεται η σύνδεση των δύο παραπάνω κεφαλαίων.

Λέξεις κλειδιά: Αντίστροφη μηχανική, “3D” Σαρωτής, Έρμα, Βιοεισβολείς, Σύμβαση “BWM”, “IMO”.

ABSTRACT

This dissertation aims to demonstrate the importance of using the technique of reverse engineering through 3D laser scanner technology to install the ballast water treatment system on ships. Nowadays, it is imperative to use an innovative application in the field of shipping, in order to achieve the balance of the underwater ecosystem, through the proper management-treatment of the water ballast. The first chapter presents, through bibliographic research, the technique of reverse engineering and the available “3D” scanner technologies, which are separated based on the way of obtaining the data, while at the same time the scanning techniques are analyzed. Then, the ways of processing the acquisition data as a result of the scans are clarified, as well as the programs used for this purpose, which play an important role in the completion of the processes and the achievement of the desired results. The second chapter presents the importance of ballast water in the safe voyage of ships but at the same time the problem that is created. Then, the mobilizations that have taken place in response to this major issue, the appropriate methods of water treatment and the technologies that exist to deal with it and the criteria for their selection are analyzed. This dissertation is completed through the presentation of a case study on the installation of a real-time water treatment system, taking advantage of the technique of reverse engineering for the design study stage. Through the case study, the connection of the above two chapters is achieved.

Keywords: Reverse engineering, 3D Scanner, Ballast, Invasive species, “BWM” Convention, “IMO”.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Η διαδικασία του “Reverse Engineering”	1
Εικόνα 2: Τύποι οπτικών τεχνολογιών	3
Εικόνα 3: Αντίστροφη μηχανική VS μηχανικός σχεδιασμός.....	5
Εικόνα 4: Σχηματική απεικόνιση σχέσης ακρίβειας-επαναληψιμότητας.....	8
Εικόνα 5: Αισθητήρας επαφής	10
Εικόνα 6: “3D Scanners” επαφής.....	11
Εικόνα 7: Κύριες κατηγορίες τεχνικών σάρωσης χωρίς επαφή.....	13
Εικόνα 8: Απεικόνιση διαφοράς φάσης Δφ της δέσμης “laser”.....	14
Εικόνα 9 : Παράδειγμα τεχνικής συνεχής διαμόρφωσης κύματος.....	15
Εικόνα 10: Παράδειγμα τεχνικής προσδιορισμού χρόνου πορείας.	15
Εικόνα 11: Απεικόνιση διάταξης της τεχνικής τριγωνισμού με δέσμη “laser” και έναν ανιχνευτή θέσης(δέκτης).....	16
Εικόνα 12: Παράδειγμα τεχνικής τριγωνισμού φωτός “laser”.	17
Εικόνα 13: Σαρωτής Δομημένου Φωτός	19
Εικόνα 14: Αρχή λειτουργίας σαρωτή Δομημένου Φωτός	20
Εικόνα 15: Παράδειγμα σάρωσης προτομής με το τελικό εξαγόμενο “3D” μοντέλο	20
Εικόνα 16: 3D Laser Scanner	21
Εικόνα 17: Χρονική καθυστέρηση μεταξύ μεταδιδόμενου και επιστρεφόμενου σήματος.....	23
Εικόνα 18: (α) Σχηματική απεικόνιση Σόναρ πλοίων, (β) Ραντάρ αεροσκαφών.....	23
Εικόνα 19: Ένδειξη ψηφιακού μοντέλου με χρήση μη οπτικής τεχνικής.....	24
Εικόνα 20: Σχηματική απεικόνιση “3D” σάρωσης με χρήση “Airborne Laser Scanner”	25
Εικόνα 21: Εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα “Airborne Laser Scanner”.....	25
Εικόνα 22: Επίγειος σαρωτής “laser” τοποθετημένος σε τρίποδο και σε όχημα.....	29
Εικόνα 23: Εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα “Terrestrial Laser Scanner”	30
Εικόνα 24: Απεικόνιση ενός φορητού “Laser Scanner”	31
Εικόνα 25: Μηχανισμοί σάρωσης και αντίστοιχα αποτελέσματα μοτίβων.....	32
Εικόνα 26: Πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι σαρωτές χωρίς επαφή με χρήση “laser”	34
Εικόνα 27: Ανασυγκρότηση μοντέλου εγκεφάλου και ματιών μέσω δεδομένων της μορφής “2D” φετών.	37
Εικόνα 28: Νέφος σημείων χώρου.....	38
Εικόνα 29: Οι τρεις (3) φάσεις επεξεργασίας των δεδομένων σάρωσης.....	39
Εικόνα 30: Περιφερειακή σάρωση μοντέλου από τρία διαφορετικά σημεία και ένωση των δεδομένων κάθε σάρωσης.	40
Εικόνα 31: Νέφος Σημείων μοντέλου πριν (α) και μετά (β) την μείωση “θορύβου”.....	40
Εικόνα 32: Νέφος Σημείων μοντέλου πριν (α) και μετά (β) την μείωση συνολικού αριθμού σημείων στο νέφος.	41
Εικόνα 33: Πολυγωνικό πλέγμα μοντέλου.....	42
Εικόνα 34: Συνδυασμός μεθόδου τριγωνισμού “De-Launay” (διακεκομμένη γραμμή) και διαγράμματος “Voronoi” (συνεχής γραμμή).....	43
Εικόνα 35: Αφαίρεση τριγώνων στο πλέγμα μοντέλου.	44
Εικόνα 36: Μοντέλο πριν και μετά από τη διαδικασία κλεισίματος υπάρχον οπών.....	44
Εικόνα 37: Μετατροπή μοντέλου πολυγωνικού πλέγματος σε μοντέλο επιφανειών “NURBS”.	45
Εικόνα 38: Σχεδιάγραμμα τομής φορητού πλοίου.....	49
Εικόνα 39: Γράφημα αριθμού παγκόσμιου εμπορικού στόλου πλοίων χωρισμένα ανάλογα με τον τύπο τους.	50
Εικόνα 40: Πλοίο κατά την εξαγωγή νερού έρματος.....	51
Εικόνα 41: Σχεδιαγράμματα συστήματος υδάτινου έρματος.	52

Εικόνα 42: Τυπική απεικόνιση σωληνώσεων εντός πλοίου.....	53
Εικόνα 43: Βασικό φίλτρο νερού έρματος σε δύο όψεις.....	54
Εικόνα 44: Αντλία νερού έρματος.	54
Εικόνα 45: Τομή πλοίου όπου στο κέντρο φαίνεται η δεξαμενή φορτιού ενώ περιφερειακά οι δεξαμενές νερού έρματος.	55
Εικόνα 46: Τυπική απεικόνιση κατασκευής δεξαμενών έρματος.	56
Εικόνα 47: Φωτογραφίες δεξαμενής έρματος όπου φαίνονται τα ανοίγματα και τα κανάλια που διαθέτουν.	56
Εικόνα 48: Χαρακτηριστική διαδικασία ερματισμού/αφερματισμού ενός πλοίου.....	58
Εικόνα 49: Στρατηγική διαχείρισης ενάντια στους βιοεισβολείς.....	60
Εικόνα 50: Χολέρα.....	61
Εικόνα 51: Τοξικά φύκια.	61
Εικόνα 52: Κτενοφόρος τσούχτρα.....	62
Εικόνα 53: Ζεβροειδές μύδια.....	62
Εικόνα 54: Αστερίας.....	63
Εικόνα 55: Πράσινο καβούρι.....	63
Εικόνα 56: Μπλε καβούρι.	64
Εικόνα 57: Κινέζικο καβούρι.....	64
Εικόνα 58: Γωβιός.	64
Εικόνα 59: Λαγοκέφαλος.	65
Εικόνα 60: Λεοντόψαρο.	65
Εικόνα 61: Χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσης με τη Σύμβαση “BWM”.....	70
Εικόνα 62: Σχηματική αναπαράσταση μεθόδου διήθησης.....	73
Εικόνα 63: Σχηματική αναπαράσταση μεθόδου κυκλωνικού διαχωρισμού.	74
Εικόνα 64: Τομή συσκευής διάδοσης “UV” ακτινοβολίας.	76
Εικόνα 65: Διάγραμμα πεδίου εφαρμογής μεθόδων για αντίστοιχα μεγέθη οργανισμών.	79
Εικόνα 66: Σύστημα επεξεργασίας υδάτινου έρματος από την εταιρία “Erma First SA”.....	80
Εικόνα 67: Σύστημα επεξεργασίας υδάτινου έρματος από την εταιρία “DESMI Ocean Guard A/S”..	81
Εικόνα 68: Πλοίο στο οποίο εγκαταστάθηκε σύστημα επεξεργασίας υδάτινου έρματος.....	86
Εικόνα 69: Νέφος σημείων της σάρωσης νούμερο 40.	88
Εικόνα 70: Συνδυασμός των νεφών από τις σαρώσεις νούμερο 40-41.....	88
Εικόνα 71: Ο συνδυασμός όλων των επιμέρους νεφών έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία.	89
Εικόνα 72: Χάρτης σαρώσεων πλοίου.	89
Εικόνα 73: Νέφος εξωτερικά του πλοίου και αντίστοιχη φωτογραφική απεικόνιση μέσα από τη σημειωμένη θέση σάρωσης.....	90
Εικόνα 74: Νέφος εξωτερικά του πλοίου προς την είσοδο του “Pump Room” και αντίστοιχη φωτογραφική απεικόνιση μέσα από τη σημειωμένη θέση σάρωσης.	90
Εικόνα 75: Νέφος εσωτερικά του πλοίου προς το “Pump Room” και αντίστοιχη φωτογραφική απεικόνιση.....	91
Εικόνα 76: Νέφος εσωτερικά του πλοίου στο “Pump Room” και αντίστοιχη φωτογραφική απεικόνιση.	92
Εικόνα 77: Νέφος εσωτερικά του πλοίου στο “Pump Room” από διαφορετική οπτική γωνία.....	92
Εικόνα 78: Αριστερά διακρίνεται το Φίλτρο νερού και δεξιά το σύστημα “UV” που επιλέχθηκαν.....	93
Εικόνα 79: Σχέδια τεχνικών χαρακτηριστικών φίλτρου νερού.....	94
Εικόνα 80: Σχέδια τεχνικών χαρακτηριστικών συστήματος “UV”.	94
Εικόνα 81: Επιλεγμένη θέση φίλτρου νερού.	95
Εικόνα 82: Επιλεγμένη θέση συστήματος “UV”.....	95
Εικόνα 83: Επιλεγμένες θέσεις φίλτρου νερού και συστήματος “UV” σε μια εικόνα.	96
Εικόνα 84: Διάγραμμα ροής εγκατάστασης.	96
Εικόνα 85: “3D” σχέδια σωληνώσεων εντός τους νέφους.....	97
Εικόνα 86: “3D” σχέδια σωληνώσεων εντός τους νέφους.....	97

Εικόνα 87: “3D” σχέδια σωληνώσεων εντός του νέφους. Με μωβ χρώμα απεικονίζονται οι ήδη υπάρχον σωληνώσεις που χρειάζονται τροποποίηση ενώ με όλα τα υπόλοιπα χρώματα οι νέες προς κατασκευή σωλήνες. Κάθε διαφορετικό χρώμα σωλήνας παρουσιάζει την διαφοροποίηση ως προς τη διάστασή της.	98
Εικόνα 88: “3D” σχέδια σωληνώσεων σε συνδυασμό με τα συστήματα επεξεργασίας νερού.	98
Εικόνα 89: Ολικό σχέδιο της εγκατάστασης παρουσιασμένο σε “3D” μοντέλο.	98
Εικόνα 90: Ολοκληρωμένα “3D” μοντέλα με συστήματα, σωληνώσεις και στηρίγματα σωληνώσεων.	99
Εικόνα 91: “3D” μοντέλα σωληνώσεων και των στηριγμάτων τους.	99
Εικόνα 92: “3D” μοντέλα ηλεκτρολογικού πίνακα, πίνακα ελέγχου και καλωδιώσεων.	99
Εικόνα 93: Γραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο εγκατάστασης.	100
Εικόνα 94: Γραμμικό σχέδιο όλου του συστήματος σωληνώσεων.	101
Εικόνα 95: Πρόοψη γραμμικού σχεδίου όλου του συστήματος σωληνώσεων.	101
Εικόνα 96: Κάτοψη γραμμικού σχεδίου όλου του συστήματος σωληνώσεων.	101
Εικόνα 97: Πλάγια όψη του γραμμικού σχεδίου όλου του συστήματος σωληνώσεων.	102
Εικόνα 98: Τμήμα (1)-(2)-(3) σωληνώσεων “.6_V201-8_To_ByPass2”.	102
Εικόνα 99: Ισομετρικό διάγραμμα τμήματος (1) σωληνώσεων “.6_V201-8_To_ByPass2”.	103
Εικόνα 100: Ισομετρικό διάγραμμα τμήματος (2) σωληνώσεων “.6_V201-8_To_ByPass2”.	103
Εικόνα 101: Ισομετρικό διάγραμμα τμήματος (3) σωληνώσεων “.6_V201-8_To_ByPass2”.	104
Εικόνα 102: Λογότυπο ναυπηγείου.	105
Εικόνα 103: Παραλαβή υλικών κατασκευής σωληνώσεων.	106
Εικόνα 104: Κοπή σωληνώσεων.	107
Εικόνα 105: Σωληνώσεις αμέσως μετά την συγκόλληση “TIG”.	107
Εικόνα 106: Ηλεκτροσυγκόλληση σωλήνας με προσωπική εργασία.	108
Εικόνα 107: Όλες οι σωληνώσεις του συστήματος μετά το πέρας κατασκευής τους.	108
Εικόνα 108: Πορεία που ακολούθησε το πλοίο για την άφιξη του στο ναυπηγείο της Σύρου.	109
Εικόνα 109: Δεξαμενή εντός του ναυπηγείου.	110
Εικόνα 110: Μεταφορά των σωληνώσεων και των συστημάτων εντός του πλοίου με τη βοήθεια γερανού.	111
Εικόνα 111: Τοποθέτηση φίλτρου νερού.	111
Εικόνα 112: Τοποθέτηση συστήματος επεξεργασίας νερού με χρήση “UV”.	112
Εικόνα 113: Τοποθέτηση σωληνώσεων.	112
Εικόνα 114: Τοποθέτηση σωληνώσεων.	113
Εικόνα 115: Τοποθέτηση συστήματος αυτό-καθαρισμού “CIP”.	113
Εικόνα 116: Τοποθέτηση Ηλεκτρολογικού πίνακα.	114

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

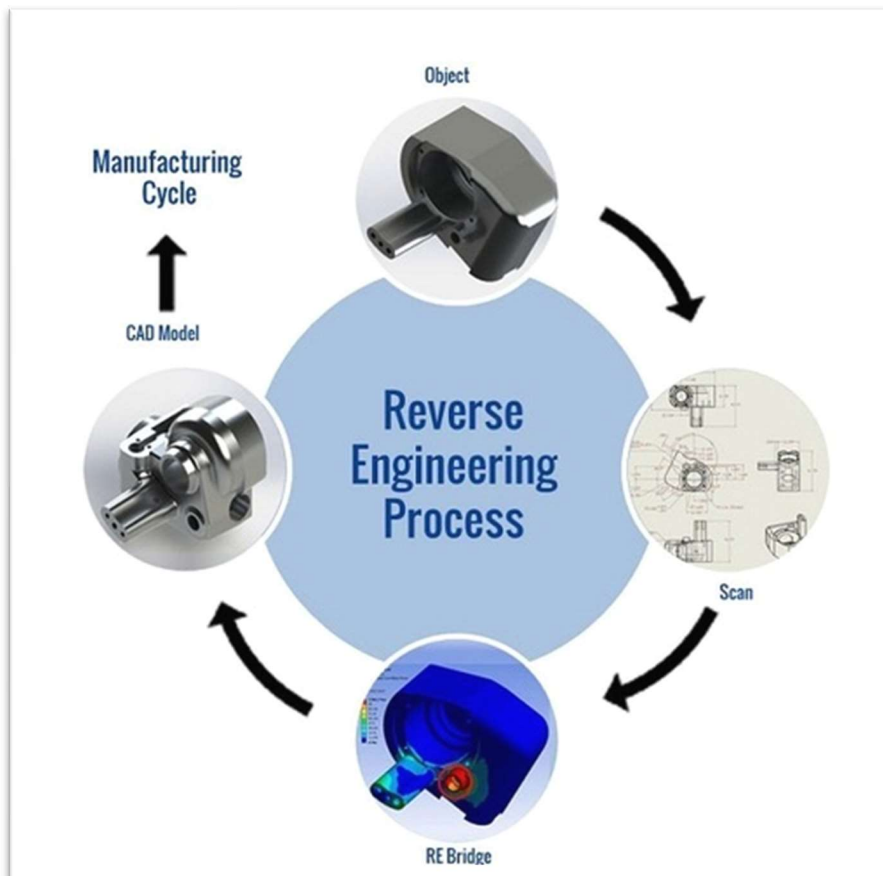
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ “3D” ΣΑΡΩΤΕΣ	1
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ	2
1.3 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ	5
1.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ.....	6
1.5 Η ΜΕΤΡΗΣΗ.....	7
1.6 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΙ ΣΑΡΩΤΕΣ.....	9
1.7 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	9
1.7.1 “3D SCANNERS” ΕΠΑΦΗΣ.....	10
1.7.2 “3D SCANNERS” ΧΩΡΙΣ ΕΠΑΦΗ	12
1.8 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΧΩΡΙΣ ΕΠΑΦΗ	12
1.8.1 ΟΠΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ.....	13
1.8.1.1 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ.....	13
1.8.1.1.1 ΣΥΝΕΧΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ	14
1.8.1.1.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΠΟΡΕΙΑΣ.....	15
1.8.1.1.3 ΤΡΙΓΩΝΙΣΜΟΣ ΦΩΤΟΣ “LASER”	16
1.8.1.1.4 ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΑΡΩΣΗΣ.....	17
1.8.1.1.5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΣΑΡΩΤΩΝ	18
1.8.1.1.5.1 ΣΑΡΩΤΗΣ ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΣ	18
1.8.1.1.5.2 ΣΑΡΩΤΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ “LASER”	21
1.8.1.2 ΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ	21
1.8.2 ΜΗ ΟΠΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ.....	22
1.9 “3D LASER SCANNERS”	24
1.9.1 “AIRBORNE 3D LASER SCANNER”	24
1.9.2 “TERRESTRIAL 3D LASER SCANNER”	28
1.9.3 “HAND-HELD 3D LASER SCANNER”	30
1.10 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΑΡΩΣΗΣ	31
1.11 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	33
1.12 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΑΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	36
1.12.1 ΝΕΦΟΣ ΣΗΜΕΙΩΝ	37
1.12.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΦΟΥΣ ΣΗΜΕΙΩΝ.....	39
1.12.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ.....	41
1.12.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	45
1.13 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ	46

1.14 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΤΑΙΡΙΩΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: BALLAST WATER TREATMENT	49
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	49
2.2 ΝΕΡΟ ΕΡΜΑΤΟΣ (“BALLAST WATER”)	51
2.3 ΒΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΡΜΑΤΟΣ	52
2.4 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΤΑΙ	57
2.5 ΒΙΟΕΙΣΒΟΛΕΙΣ.....	59
2.6 ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ.....	66
2.7 ΣΥΜΒΑΣΗ “BWM”	67
2.8 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ.....	72
2.8.1 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	73
2.8.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	74
2.8.3 ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	76
2.9 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ/ΜΕΘΟΔΟΥ “BWT”	81
2.10 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ “BWT”	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	85
3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ	86
3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ-ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ-ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	115
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	118
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	120

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ “3D” ΣΑΡΩΤΕΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σημερινή, έντονα ανταγωνιστική παγκόσμια αγορά, οι επιχειρήσεις προϊόντων αναζητούν συνεχώς νέους τρόπους για να συντομεύσουν τους χρόνους παράδοσης για νέες εξελίξεις προϊόντων που ικανοποιούν όλες τις προσδοκίες των πελατών. Γενικά, οι επιχειρήσεις προϊόντων έχει επενδύσει στις εφαρμογές CAD (“Computer-aided design”)/CAM (“Computer-aided manufacturing”) και μια σειρά από νέες τεχνικές και τεχνολογίες που προσφέρουν επιχειρηματικά οφέλη. Μια τεχνική που παρέχει αυτά τα οφέλη θεωρείται η αντίστροφη μηχανική (“Reverse Engineering”), μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η συντόμευση του κύκλου ανάπτυξης ενός προϊόντος.



Εικόνα 1: Η διαδικασία του “Reverse Engineering”

Ένα από τα βήματα της αντίστροφης μηχανικής είναι η διαδικασία της σάρωσης. Προκειμένου να εισαχθεί ένα τρισδιάστατο (“3D”) μοντέλο στον υπολογιστή, είναι απαραίτητη η χρήση διαφόρων

μέσων τα οποία επιτυγχάνουν την διαδικασία της ψηφιακής σάρωσης. Η ψηφιακή σάρωση είναι η διαδικασία λήψης ενός ήδη υπάρχοντος αντικειμένου και εν συνεχεία η ψηφιακή αναπαράστασή του σε “3D” μοντέλο εκμεταλλευόμενο τα δεδομένα τα οποία έχουν συλλεχθεί από τον σαρωτή (“3D Scanner”). Κατά την φάση αυτή, επιλέγοντας τη σωστή τεχνική και προετοιμάζοντας κατάλληλα, αν είναι απαραίτητο, το τμήμα που πρόκειται να πραγματοποιηθεί η σάρωση, συλλέγονται πληροφορίες που περιγράφουν όλα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας σάρωσης, όπως για παράδειγμα το σχήμα, πιθανόν οπές-σχισμές και άλλα. Έπειτα, μέσα από διάφορες διατάξεις παρουσίασης του μοντέλου καθορίζεται η γεωμετρία της επιφάνειας του. Οι λεπτομέρειες και η ποιότητα των τελικών μοντέλων εξαρτώνται από τα δεδομένα που συλλέγονται, τις χρησιμοποιούμενες μαθηματικές μεθόδους και την εκάστοτε εφαρμογή, ενώ η ακρίβεια των δεδομένων αυτών, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό στην αξιοπιστία και την ακρίβεια των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την σάρωση.

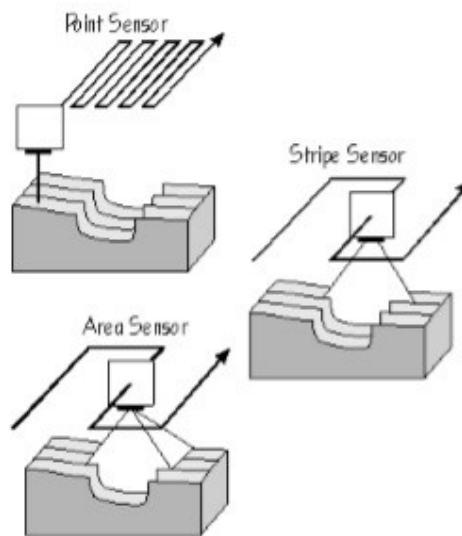
Γενικά, στο παρελθόν ήταν δύσκολη η απόκτηση ή η αξιοποίηση της τεχνολογίας ενός υψηλής ποιότητας “3D scanner” καθώς είχε υψηλό κόστος αγοράς με αποτέλεσμα να μην είναι και τόσο διαδεδομένοι. Σήμερα, είναι πιο προσιτοί καθώς υπάρχουν γραφεία τα οποία αναλαμβάνουν τέτοιου είδους παροχής υπηρεσιών όπου είτε με απευθείας σάρωσης στο χώρο ενδιαφέροντος είτε με παραλαβή απεσταλμένων αντικειμένων, πραγματοποιούν λεπτομερείς σαρώσεις. Μια πιο πρόχειρη λύση στη 3D σάρωση για την δημιουργία ενός βασικού μοντέλου είναι οι σαρωτές κινητών τηλεφώνων οι οποίοι όμως όπως είναι λογικό δεν παρέχουν την λεπτομέρεια των σαρωτών υψηλής τεχνολογίας, αλλά ενδέχεται να είναι επαρκείς για την απόκτηση ενός ψηφιοποιημένου βασικού μοντέλου. Τέλος, τα είδη σαρωτών και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται ποικίλουν καθώς χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές στην καθημερινότητα μας διευκολύνοντας έτσι το έργο κάθε μιας περίπτωσης. **(Bridgette & Mongeon, 2016) (Wego , 2011) (Vinesh & Kiran, October 2009)**

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Η σύλληψη της ιδέας για μοντελοποίηση ενός αντικειμένου ξεκίνησε έπειτα από την εμφάνιση της αντίστροφης μηχανικής η οποία ξεκίνησε πολύ πριν από τους υπολογιστές ή τη σύγχρονη τεχνολογία και πιθανότατα χρονολογείται από τις μέρες της βιομηχανικής επανάστασης (1760-1860).

Η μοντελοποίηση αυτή θα είχε σαν αποτέλεσμα την απεικόνιση ενός ακόμα και ιδιαίτερα πολύπλοκου ήδη υπάρχον αντικειμένου, όμως ο προβληματισμός που επακολούθησε ήταν η δημιουργία του μοντέλου αυτού καθώς οι σύνθετες επιφάνειες δυσκόλευαν το έργο. Έτσι, τη δεκαετία του 80, αναπτύχθηκε από τη βιομηχανία εργαλειομηχανών ο ανιχνευτής επαφής. Με αυτή τη μέθοδο ήταν ικανή η δημιουργία ενός ακριβές μοντέλου όμως ήταν μια μέθοδος αρκετά αργή. Η

σκέψεις που ακολούθησαν ήταν αν κάποιος θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα ταχύτερο σύστημα με το οποίο θα συγκέντρωνε την αντίστοιχες λεπτομέρειες κάνοντας την διαδικασία αποτελεσματικότερη. Έτσι λοιπόν άρχισε να αναπτύσσεται μια νέα τεχνολογία η οποία θα έκανε χρήση του φωτός αξιολογώντας την ταχύτερη από αυτή του ανιχνευτή επαφής. Ένα ακόμα πλεονέκτημα που έχει αυτή η τεχνολογία είναι ότι επιτρέπει την σάρωση μαλακών και ευάλωτων αντικειμένων, τα οποία ακόμα και με την παραμικρή επαφή θα είχε ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση-αλλοίωση της επιφάνειάς του. Τότε υπήρχαν τρεις τύποι οπτικών τεχνολογιών, η σημειακή σάρωση, η σάρωση περιοχής και η σάρωση λωρίδας η οποία ήταν και η αποτελεσματικότερη.



Εικόνα 2: Τύποι οπτικών τεχνολογιών

Σύντομα όμως ήρθαν αντιμέτωποι σε μια νέα πρόκληση, καθώς για να συλλάβει ο σαρωτής το αντικείμενο σε τρεις διαστάσεις, ο αισθητήρας του έκανε αρκετές σαρώσεις από διαφορετικές θέσεις κάτι το οποίο θα είχε σαν αποτέλεσμα να υπάρχουν διπλότυπα δεδομένα και κατ' επέκταση πλεόνασμα εκατομμυρίων δεδομένων κάθε φορά. Έτσι η πρόκληση ήταν να δημιουργηθεί ένα λογισμικό με το οποίο θα ενώνονταν κατάλληλα αυτές οι σαρώσεις και θα αφαιρούνταν τα διπλότυπα δεδομένα.

Μια από τις πρώτες εφαρμογές πραγματοποιήθηκε στη βιομηχανία κινουμένων σχεδίων ενώ στα εργαστήρια “Cyberaware” του “Los Angeles” την δεκαετία του ‘80 ανέπτυξαν αυτό το πεδίο με το σαρωτή κεφαλής. Στη συνέχεια, μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του ‘90 εξέλιξαν τον σαρωτή αυτό σε σαρωτή πλήρους σώματος.

Στην προσπάθεια αναπαράστασης αντικειμένων με μεγάλη ακρίβεια αναπτύχθηκε η τεχνολογία του “3D Laser Scanning”, μια τεχνολογία ιδιαίτερα χρήσιμη στα πεδία της έρευνας και του σχεδιασμού. Συγκεκριμένα, το 1960 δημιουργήθηκε η πρώτη τεχνολογία τρισδιάστατης σάρωσης.

Ξεκινώντας την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας ο εξοπλισμός που απαιτούνταν ήταν πολλαπλός καθώς ήταν απαραίτητη η χρήση από φώτα κάμερες και προβολής για να εκτελεστεί επιτυχώς η διαδικασία. Έπειτα, κατά το 1985 ο εξοπλισμός αντικαταστάθηκε με σαρωτές που χρησιμοποιούσαν λευκό φως, λέιζερ και σκίαση για να καταγράψουν μια δεδομένη επιφάνεια. Όμως λόγω αυτής της απαίτησης του εξοπλισμού, η διαδικασία προϋπόθετε συχνά πολύ χρόνο και προσπάθεια για την ακριβή σάρωση των αντικειμένων-επιφανειών. Έπειτα το 1994, οι τρισδιάστατοι σαρωτές εφάρμοσαν την λεγόμενη “REPLICA”, η οποία επέτρεψε την γρήγορη και εξαιρετικά ακριβή σάρωση ειδικά σε πολύ λεπτομερή αντικείμενα. Η “REPLICA” σημάδεψε σοβαρή πρόοδο στη σάρωση με λέιζερ λωρίδας.

Εν τω μεταξύ, αναπτύχθηκαν από τη “Cyberware” δικοί της υψηλής ανάλυσης σαρωτές εκ των οποίων μερικοί είχαν την ικανότητα να συλλαμβάνουν πλέον και τα χρώματα των αντικειμένων. Όμως, παρά την πρόοδο αυτή παρέμεινε άπιαστη τέτοιου είδους τρισδιάστατη σάρωση με ταυτόχρονη επίτευξη σάρωσης σε βαθμούς υψηλής ταχύτητας και ακρίβειας. Στην πορεία, μια εταιρία εν ονόματι “Digibotics” εισήγαγε μια μηχανή τεσσάρων αξόνων η οποία είχε την ικανότητα από μια και μόνο σάρωση να προβάλλει ένα πλήρως “3D” μοντέλο. Ένα βασικό μειονέκτημα που παρουσίαζε αυτή η μηχανή ήταν πως ο οπτικός αισθητήρας βασιζόταν σε σημειακή σάρωση και όχι στη σάρωση λωρίδας, κάτι το οποίο την καθιστούσε αρκετά αργή. Ακόμα, δεν αποτελούταν από έξι βαθμούς ελευθερίας, το οποίο είναι απαραίτητο για την πλήρη κάλυψη της επιφανείας ενός αντικειμένου, αλλά ούτε ήταν ικανή να ψηφιοποιήσει μια έγχρωμη επιφάνεια. Καθώς λοιπόν αυτοί οι σαρωτές παρέμεναν ακριβοί οι “Immersion” και “Faro Technologies” εισήγαγαν χαμηλού κόστους χειροκίνητους ψηφιακούς σαρωτές όπου παρότι θα μπορούσαν να αναπαράγουν ψηφιακά πλήρη μοντέλα μειονεκτούσαν στην ταχύτητα, ιδιαίτερα όταν είχαν εφαρμογή πάνω σε λεπτομερή αντικείμενα, και στο ότι δεν μπορούσαν να ψηφιοποιήσουν την έγχρωμη επιφάνεια.

Τέλος, εφόσον μέχρι εκείνη την στιγμή δεν είχε σχεδιαστεί ο ιδανικός σαρωτής, που θα κάλυπτε ταυτόχρονα την υψηλή ακρίβεια σάρωσης, την γρήγορη ταχύτητα, την δυνατότητα λήψης έγχρωμης επιφανείας και το χαμηλό κόστος αγοράς, ενώθηκαν οι σχεδιαστές στην προσπάθεια τους να δημιουργήσουν ένα τέτοιου είδους σαρωτή. Έτσι, το 1996 συνδυάζοντας τη χρήση βασικών τεχνολογιών ενός χειροκίνητου βραχίονα και ενός τρισδιάστατου σαρωτή με αισθητήρα λωρίδας, δημιούργησαν ένα απίστευτο γρήγορο και ευέλικτο σύστημα το οποίο παράγει σύνθετα έγχρωμα μοντέλα και υφές και αποτέλεσε το πρώτο σύστημα σύλληψης πραγματικότητας στον κόσμο. Πλέον τα “3D” έγχρωμα μοντέλα μπορούν να αναπαρασταθούν ψηφιακά σε λίγα μόλις λεπτά. **(Dr. Mostafa, October 2011) (Eldad, 2005)**

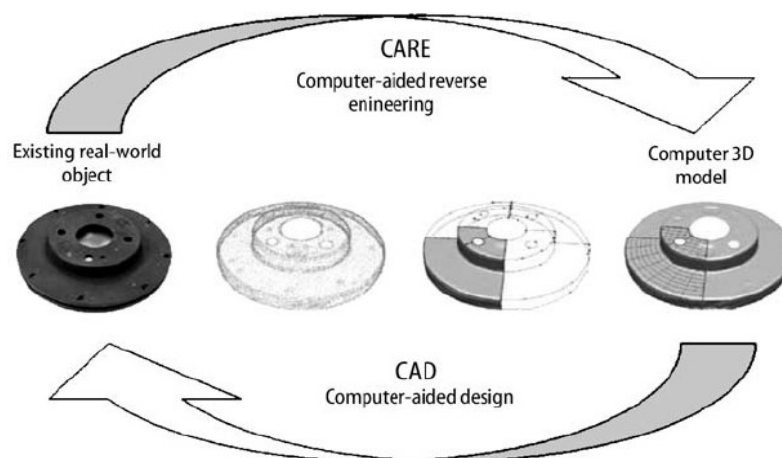
1.3 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Γενικά, αντίστροφη μηχανική ορίζεται η διαδικασία διερεύνησης των τεχνολογικών αρχών μιας συσκευής, ενός αντικειμένου ή ενός συστήματος μέσω της ανάλυσης της δομής, της λειτουργίας και του χειρισμού του και περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες που απαιτούνται για την αναπαραγωγή του.

Θα μπορούσε κανείς να παρουσιάσει την αντίστροφη μηχανική παρόμοια με μια επιστημονική έρευνα στην οποία ο ερευνητής προσπαθεί να επεξεργαστεί το “σχέδιο” του ανθρώπινου νου. Με την διεξαγωγή της αντίστροφης μηχανικής επιτυγχάνεται η απόκτηση γνώσεων, ιδεών και σχεδιαστικής φιλοσοφίας, όταν αυτές οι πληροφορίες δεν είναι διαθέσιμες. Οι πληροφορίες αυτές είτε έχουν χαθεί ή καταστραφεί, είτε ανήκουν σε κάποιον που δεν επιθυμεί να τις μοιραστεί.

Γενικά, η αντίστροφη μηχανική είναι διαφορετική από το μηχανικό σχεδιασμό. Ο μηχανικός σχεδιασμός ορίζεται ως η διαδικασία σχεδιασμού ενός συστήματος, εξαρτήματος ή διεργασίας για την ικανοποιητική ολοκλήρωση ενός έργου σύμφωνα πάντα και με τις επιθυμητές ανάγκες. Ουσιαστικά επικεντρώνεται στην δημιουργικότητα και την πρωτοτυπία. Κατά τη διαδικασία σχεδιασμού, δημιουργείτε το σχέδιο από μια νέα ιδέα και ακολουθεί η παραγωγή του τμήματος αυτού. Αντιθέτως η αντίστροφη μηχανική επικεντρώνεται στην αξιολόγηση και ανάλυση για τροποποίηση ή ανακατασκευή αρχικών τμημάτων. Η διαδικασία διεξαγωγής της αντίστροφης μηχανικής είναι γενικά μια τριφασική διαδικασία και οι φάσεις τις είναι οι εξής:

- Σάρωση
- Επεξεργασία δεδομένων
- Ανάπτυξη συγκεκριμένου γεωμετρικού μοντέλου αξιοποιώντας τα δεδομένα



Εικόνα 3: Αντίστροφη μηχανική VS μηχανικός σχεδιασμός

Ως πρώτο βήμα της αντίστροφης μηχανικής είναι η μέτρηση. Με τα κατάλληλα μέσα γίνεται η ανάκτηση δεδομένων ενός υπάρχοντος τμήματος και στη συνέχεια αναλύονται και ερμηνεύονται με τα απαραίτητα προγράμματα. Οι πληροφορίες αυτές πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερες περιγράφοντας έτσι πλήρως, το προς μέτρηση τμήμα.

Τέλος, για τον σωστό προγραμματισμό μιας διαδικασίας αντίστροφης μηχανικής θα πρέπει να καταγραφούν και κάποιοι παράμετροι οι οποίοι περιλαμβάνουν:

- Τις αιτίες για την χρήση της
- Τον αριθμό των αντικειμένων που θα σαρωθούν σε μια ή περισσότερες σαρώσεις
- Το μέγεθος του αντικειμένου (μικρό-μεγάλο).
- Την πολυπλοκότητα (πολύπλοκο-απλό)
- Το υλικό (σκληρό-μαλακό)
- Την εξωτερική επιφάνεια(στιλπνή-λαμπερή)
- Την Γεωμετρία (οργανική-πρισματική, εσωτερική-εξωτερική)
- Την απαιτούμενη ακρίβεια (γραμμική-ογκομετρική)

Όσο πιο αναλυτικοί και πλήρης είναι οι παράμετροι αυτοί τόσο πιο κοντά στα επιθυμητά αποτελέσματα θα οδηγηθούμε. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης , Οκτώβριος 2014) (Eldad, 2005) (Vinesh & Kiran, October 2009) (Wego , 2011)

1.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Η αντίστροφη μηχανική είναι μια επιστήμη η οποία πρακτικά έχει εφαρμογή σε κάθε τομέα παγκοσμίως. Ως πρωταρχικές εφαρμογές της αντίστροφης μηχανικής είναι είτε να αναδημιουργηθεί μια εικόνα από κάποιο αρχικό τμήμα, είτε να αναλυθεί ο μηχανισμός μιας λειτουργίας, είτε να βρεθούν τα αίτια από κάποιο συμβάν όπως για παράδειγμα κατά την ανασυγκρότηση γεγονότων λίγο πριν και αμέσως μετά από ατυχήματα στις μεταφορικές βιομηχανίες (αεροπορικές βιομηχανίες, αυτοκινητοβιομηχανίες). Άλλα πεδία όπου βρίσκει πολλές εφαρμογές η αντίστροφη μηχανική είναι η ιατρική, η αρχιτεκτονική, η επιστήμη των πολιτικών μηχανικών, τα γκαλερί τέχνης, η ιατροδικαστική επιστήμη και η ναυπηγική βιομηχανία.

Πιο συγκεκριμένα, κάποιοι από τους λόγους χρήσης της συγκεκριμένης μεθόδου είναι οι εξής:

- Εφαρμογές σε προσθετικές χειρουργικές επεμβάσεις (π.χ. κρανιακά, οδοντικά εμφυτεύματα) με τη χρήση ιατρικών δεδομένων για τη σχεδίαση εμφυτευμάτων προσαρμοσμένα στην

περίπτωση κάθε ασθενή και την μοντελοποίηση ανθρώπινων μελών για την κατάστροψη των χειρουργικών επεμβάσεων.

- Προσαρμογή ρούχων και υποδημάτων σε ανθρωποειδή και αποτύπωση των ανθρωπομορφικών χαρακτηριστικών ενός πληθυσμού.
- Όταν μερικά ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου πρέπει να απαλειφθούν
- Ανάλυση των καλών και κακών χαρακτηριστικών στα προϊόντα των ανταγωνιστών
- Δημιουργία ψηφιακών μοντέλων ανθρώπων η αγαλμάτων τα οποία θα έχουν εφαρμογή σε ταινίες και παιχνίδια ή για αναπαραγωγή του μοντέλου.
- Επιθεώρηση ή ποιοτικό έλεγχο, και την σύγκριση ενός κατεργασμένου εξαρτήματος με τις πραγματικές του διαστάσεις όπως λαμβάνονται από ένα σύστημα.
- Δημιουργία νέων μεθόδων βελτίωσης της διαδικασίας ανάπτυξης των προϊόντων.
- Αρχιτεκτονικές και τοπογραφικές εφαρμογές, καθώς και μετρήσεις.

(Wego , 2011) (Μπιλάλης & Μαραβελάκης , Οκτώβριος 2014)

1.5 Η ΜΕΤΡΗΣΗ

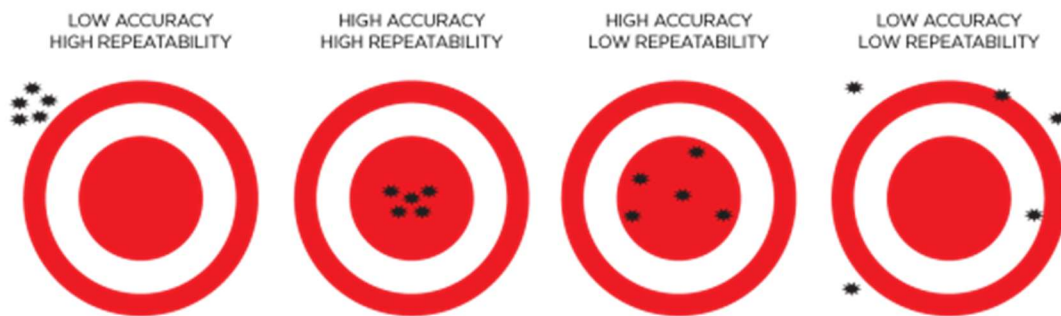
Κατά την διεξαγωγή της μεθόδου της αντίστροφης μηχανικής πρέπει να δίνεται μεγάλη βαρύτητα στο στάδιο της μέτρησης. Όπως αναφέρει και ο Αμερικάνος συγγραφέας H. James Harrington σε ένα από τα συγγράμματα του «*Η μέτρηση είναι το πρώτο βήμα που οδηγεί στον έλεγχο και τελικά στη βελτίωση. Εάν δε μπορείτε να μετρήσετε κάτι, δεν μπορείτε να το καταλάβετε, δεν μπορείτε να το ελέγξετε. Εάν δεν μπορείτε να το ελέγξετε, δεν μπορείτε να το βελτιώσετε*».

Αναφερόμενοι στον όρο ‘μέτρηση’ στις εφαρμογές της αντίστροφης μηχανικής απευθυνόμαστε στη μέτρηση της γεωμετρίας ενός αντικειμένου. Η μέτρηση αυτή θεωρητικά είναι απλή. Κάθε πτυχή της γεωμετρίας ενός αντικειμένου πρέπει να μετρηθεί ή να ποσοτικοποιηθεί σε κάποια κατάλληλη κλίμακα διαστάσεων. Μέσα από αυτές τις μετρήσεις μας επιτρέπεται να έχουμε σαφή γενική εικόνα του μετρούμενου αντικειμένου καθώς επίσης και μια πιο λεπτομερές εικόνα. Τα γενικά χαρακτηριστικά τα οποία τίθενται προς μέτρηση είναι το μήκος, το πλάτος, το πάχος, της διαμέτρου μιας πιθανής οπής, του βάθους της οπής, της θέσης της οπής και τις ακτίνες καμπυλότητας. Ενώ, σε τρισδιάστατα αντικείμενα επιπλέον μετρούνται και τυχόν καμπυλότητες κάτι το οποίο καθιστά την μέτρηση λίγο πιο περίπλοκη. Τα τελευταία χρόνια τα σύγχρονα συστήματα μετρήσεων τα οποία βασίζονται σε υπολογιστές κάνει αυτομάτως αυτή την αποστολή πολύ πιο λιτή και γρήγορη. Με την ψηφιοποίηση κάθε σημείου του αντικειμένου ορίζεται η τελική επιφάνεια η οποία μπορεί να απεικονισθεί με την ανάλογη ακρίβεια που είναι επιθυμητή ή απαιτείται, όσον αναφορά την ανάλυση.

Ακόμα, επιτακτική είναι η ανάγκη αρκετών μετρήσεων έτσι ώστε να μπορούμε να χαρακτηρίσουμε μια επιφάνεια ή ένα αντικείμενο πλήρης από άποψη μετρήσεων. Επιπλέον, υπάρχουν ορισμένα κριτήρια τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν έτσι ώστε να επιλέγονται οι κατάλληλες συσκευές μέτρησης.

Αυτά είναι:

- ✓ **Η ακρίβεια:** Η απόκλιση των μετρούμενων από τις πραγματικές τιμές.
- ✓ **Η επαναληψιμότητα:** Ο βαθμός με τον οποίο ποικίλλουν πολλαπλές μετρήσεις του ίδιου πράγματος.



Εικόνα 4: Σχηματική απεικόνιση σχέσης ακρίβειας-επαναληψιμότητας

- ✓ **Το εύρος:** Το εύρος των πιθανών αναγνώσεων, από το ελάχιστο έως το μέγιστο, στο οποίο η συσκευή έχει δυνατότητα εφαρμογής.
- ✓ **Η βαθμονόμηση:** Σύγκρισης των ενδείξεων του οργάνου με ένα γνωστό πρότυπο.
- ✓ **Η μάζα, το μέγεθος και η ισχύς:** Περιορισμοί των φυσικών μεγεθών μιας συσκευής.
- ✓ **Η ασφάλεια:** Ο σχετικός κίνδυνος για την υγεία, τραυματισμό ή θάνατο, που προκαλείται από μια συσκευή όταν χρησιμοποιείται με τον σωστό τρόπο.
- ✓ **Η χρησιμότητα:** Η ικανότητα μια συσκευής να αλληλοεπιδρά και να μετράει μια ποικιλία πτυχών φυσικών μεγεθών.
- ✓ **Το κόστος:** Ο συνδυασμός τιμής αγοράς και κόστους λειτουργίας μια συσκευής (δηλ. κόστος κύκλου ζωής).

- ✓ **Η απόδοση:** Η μορφή εμφάνισης των δεδομένων.
- ✓ **Η εργονομία:** Η ευκολία χρήσης μιας συσκευής.
- ✓ **Η δυναμικότητα:** Η ανθεκτικότητα της συσκευής για κανονική χρήση όπως προβλέπεται.
- ✓ **Το πόσο μη καταστρεπτικές είναι:** Ο βαθμός οποιασδήποτε διακριτής ζημιογόνου αλλαγής προκαλείτε στην οντότητα που υπόκειται σε μετρήσεις. **(Robert W. Messler, 2013)**

Τέλος, οι “3D Scanners” είναι εκείνοι που αναλαμβάνουν το σημαντικό αυτό κομμάτι της αντίστροφης μηχανικής.

1.6 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΙ ΣΑΡΩΤΕΣ

Οι “3D Scanners” όπως προαναφέρθηκε είναι συσκευές μέτρησης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ενός ήδη υπάρχοντος αντικειμένου όπου με τη βοήθεια καταλλήλων προγραμμάτων και έπειτα από μια σειρά διαδικασιών μορφοποίησης πραγματοποιείται η ψηφιακή μοντελοποίηση. Γενικά, η λειτουργία των “3D Scanners” έχει παρομοιαστεί με τη λειτουργία των φωτογραφικών μηχανών διότι μπορούν να αποτυπώσουν ορατές μόνο επιφάνειες. Κάθε θέση ενός σημείου του αντικειμένου μετريέται ως απόσταση από ένα σημείο αναφοράς και μετατρέπεται σε “3D” συντεταγμένες των σημείων που ανήκουν στην επιφάνεια του. Έπειτα όλες οι μετρήσεις συλλέγονται και με διάφορες διατάξεις απεικόνισης που θα αναλυθούν παρακάτω επιτυγχάνεται η ανασυγκρότηση του μοντέλου. **(Μπιλάλης & Μαραβελάκης , Οκτώβριος 2014)**

1.7 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Απαραίτητη καθιστάτε η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής ανάκτησης “3D” δεδομένων η οποία καλείται και σάρωση καθώς με το πέρας της σάρωσης αυτής βασικό είναι να απεικονιστεί σωστά η μορφή του αντικειμένου, καλύπτοντας όλα τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά και την ζητούμενη ακρίβεια. Κάθε τεχνική έχει τις δικές τις ιδιαιτερότητες, περιορισμούς, πλεονεκτήματα και κόστος. Οι βασικές τεχνικές σάρωσης διαχωρίζονται σύμφωνα με το αν υπάρχει επαφή ή όχι με το αντικείμενο και έτσι έχουμε :

- “3D Scanners” επαφής
- “3D Scanners” χωρίς επαφή

Ενδεικτικά αναφέρεται και μια ξεχωριστή κατηγοριοποίηση σαρωτών, με χρήση ακτινών X η οποία βρίσκει εφαρμογή κυρίως στην ιατρική και έχει ως αποτέλεσμα την αποτύπωση του

εσωτερικού ενός “αντικειμένου”. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης , Οκτώβριος 2014) (Dr. Mostafa, October 2011)

1.7.1 “3D SCANNERS” ΕΠΑΦΗΣ

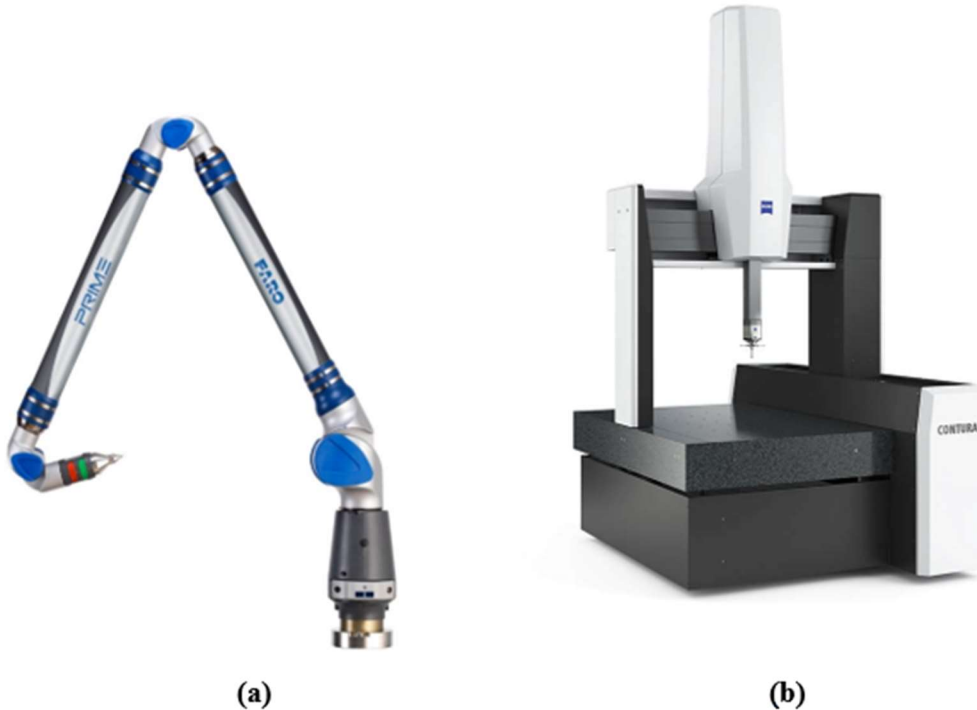
Στην περίπτωση ανάκτησης “3D” δεδομένων με επαφή χρησιμοποιούνται συστήματα τα οποία αποτελούνται από έναν μηχανικό αισθητήρα επαφής. Ο αισθητήρας αυτός αποτελείται από ένα ελατήριο το οποίο φέρει επάνω του μια σφαίρα φτιαγμένη από χάλυβα και σε κάποιες περιπτώσεις από ρουμπίνι. Καθώς ο αισθητήρας αγγίζει το προς μέτρηση αντικείμενο, λόγω επαφής η ακίδα παραμορφώνεται και ταυτόχρονα στέλνει πληροφορίες θέσης της επιφάνειας, σε άξονες X,Y,Z, στον υπολογιστή.



Εικόνα 5: Αισθητήρας επαφής

Τέτοιου είδους συστήματα θεωρούνται από τους πιο οικονομικούς ψηφιοποιητές “3D” και λειτουργούν καλύτερα για μικρά κομμάτια, κυρίως μέχρι το μέγεθος ενός βιβλίου, σε απλά γεωμετρικά σχήματα. Όταν η υψηλή ακρίβεια στις μετρήσεις είναι η βασική απαίτηση χρησιμοποιούνται εργαλειομηχανές μέτρησης συντεταγμένων “Coordinate Measuring Machine” (CMM) με σκοπό την αποτύπωση της επιφάνειας του αντικειμένου. Η ακρίβεια μέτρησης των ακίδων είναι της τάξης +0,01 έως +0,02mm. Οι εργαλειομηχανές αυτές έχουν εφαρμογή για παράδειγμα σε περιπτώσεις ποιοτικού ελέγχου. Σε αντίθετη περίπτωση που οι απαιτήσεις ακριβείας είναι μικρότερες χρησιμοποιούνται φορητοί “CMM” με ρομποτικούς βραχίονες, οι οποίοι αποτελούνται από περιστροφικούς άξονες και αρθρώσεις αντί για γραμμικούς άξονες, στην άκρη των οποίων έχει προσαρμοσθεί ο αισθητήρας. Όσο αναφορά την καθοδήγηση της ακίδας, πραγματοποιείται είτε χειροκίνητα από τον χειριστή που εφαρμόζει την σάρωση όπως ακριβώς γίνεται και στην περίπτωση

μέτρησης με χρήση μετροταινίας, είτε προγραμματίζοντάς την να ακολουθήσει και να κάνει μετρήσεις αυτόματα σε όλη την επιφάνεια του αντικειμένου. Σε κάθε περίπτωση ο αριθμός των μετρήσεων εξαρτάται από το σχήμα αλλά και την πολυπλοκότητα του αντικειμένου.



Εικόνα 6: “3D Scanners” επαφής

(a) Φορητό “CMM” με βραχίονες (b) Σταθερό Σύστημα “CMM”

Στην περίπτωση του ποιοτικού ελέγχου εάν είναι δυνατή η διάθεση ψηφιακού σχεδίου από πριν, το λογισμικό μπορεί να αναγνωρίσει τα τμήματα του αντικειμένου με σκοπό να προγραμματίσει και να προσδιορίσει τα σημεία μέτρησης, τα σημεία στα οποία είναι αδύνατη η πρόσβαση του αισθητήρα αλλά και την ακρίβεια των μετρήσεων ανάλογα με τις απαιτήσεις. Τα βασικότερα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ότι λόγω των διαδρομών που θα πρέπει να ακολουθήσει η ακίδα προκειμένου να πραγματοποιήσει όλες τις απαραίτητες μετρήσεις, την καθιστά αρκετά χρονοβόρα αλλά και λόγω της πίεσης της ακίδας κατά την επαφή με το αντικείμενο, παρόλο που είναι μικρή, είναι πιθανόν να προκαλέσει ζημιά ή να αλλοιώσει την επιφάνεια των μαλακών ή ελατών υλικών κάτι το οποίο είναι ανεπιθύμητο.

Τέλος, μια ιδιαιτερότητα που έχουν τα συστήματα “CMM” τα οποία χρησιμοποιούν αισθητήρες αφής είναι ότι μπορούν να συνδυαστούν και με άλλες τεχνολογίες μέτρησης όπως για παράδειγμα αισθητήρες λέιζερ ή λευκού φωτός, κάτι το οποίο το μετατρέπει σε σύστημα μέτρησης σε ένα σύστημα πολλαπλών αισθητήρων. (Dr. Mostafa, October 2011) (Μπιλάλης & Μαραβελάκης , Οκτώβριος 2014) (Wego , 2011)

1.7.2 “3D SCANNERS” ΧΩΡΙΣ ΕΠΑΦΗ

Σε αυτή την κατηγορία σαρωτών όπως είναι αντιληπτό τα στοιχεία συλλέγονται από την επιφάνεια ενός αντικειμένου εξ αποστάσεως, με σκοπό την πλήρη αποτύπωση των τρισδιάστατων γεωμετρικών του χαρακτηριστικών. Με αυτή τη τεχνική σάρωσης είναι εφικτή και η καταγραφή της χρωματικής-φωτογραφικής πληροφορίας κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στους σαρωτές επαφής. Ακόμα, μπορεί να σαρώσει από μικρά αντικείμενα έως μεγάλες επιφάνειες. Το σύστημα ελέγχου οδηγεί το σύστημα σάρωσης σε συνεχή πορεία συλλέγοντας έτσι εκατοντάδες ή χιλιάδες ανεξάρτητα σημεία όπου συνδυάζοντας τα, ορίζεται η τελική επιφάνεια του μοντέλου. Όσο περισσότερα είναι αυτά τα σημεία, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ακρίβεια απεικόνισης της μορφής του “3D” μοντέλου. **(Μπιλάλης & Μαραβελάκης, Οκτώβριος 2014)**

1.8 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΧΩΡΙΣ ΕΠΑΦΗ

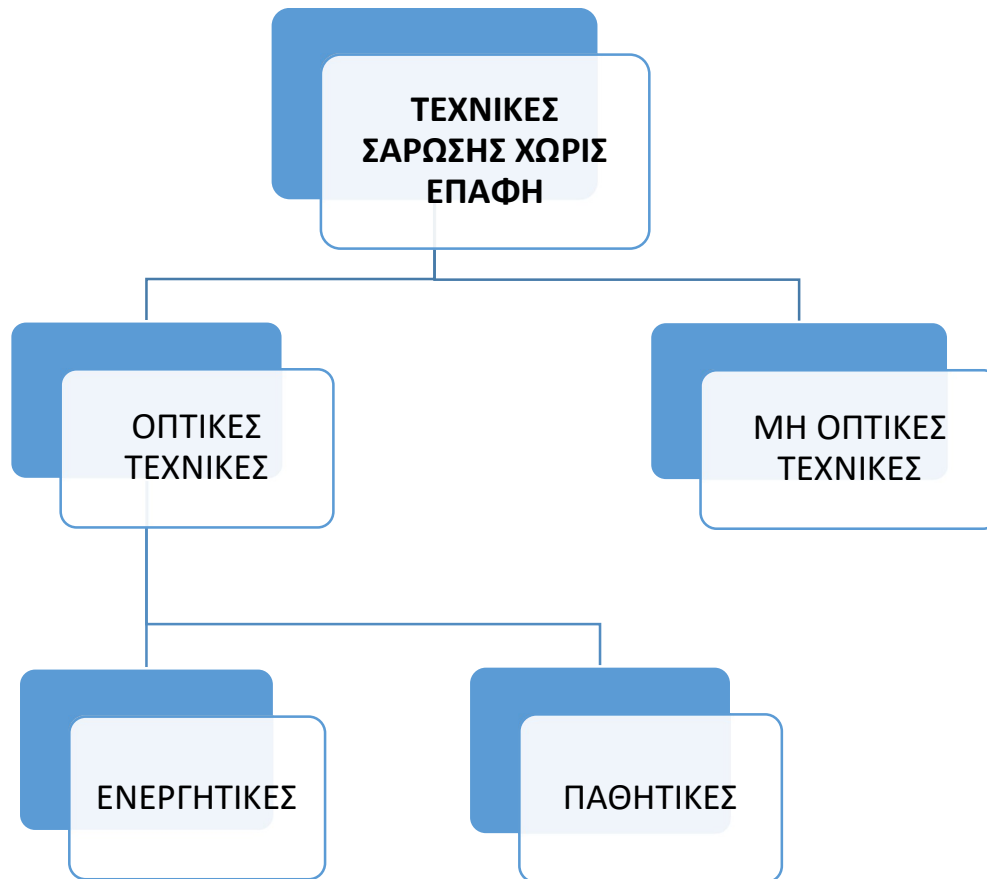
Οι σαρωτές χωρίς επαφή είναι προτιμότεροι συγκριτικά με τους σαρωτές επαφής λόγω πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν. Γενικά, υπάρχουν διάφορες τεχνικές σάρωσης στη συγκεκριμένη κατηγορία για την ανάκτηση δεδομένων, οι οποίες ταξινομούνται σύμφωνα με τις τεχνολογίες αισθητήρων ή τις τεχνολογίες συλλογής δεδομένων. Έτσι, χωρίζονται στις εξής κύριες κατηγορίες:

- ✓ Οπτικές τεχνικές
- ✓ Μη οπτικές τεχνικές

Όπου με τη σειρά τους οι οπτικές τεχνικές χωρίζονται σε:

- ✓ Ενεργητικές (“active techniques”)
- ✓ Παθητικές (“passive techniques”)

και απαρτίζονται από κάποιες υποκατηγορίες που θα αναλυθούν παρακάτω. **(Vinesh & Kiran, October 2009) (Bridgette & Mongeon, 2016)**



Εικόνα 7: Κύριες κατηγορίες τεχνικών σάρωσης χωρίς επαφή

1.8.1 ΟΠΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

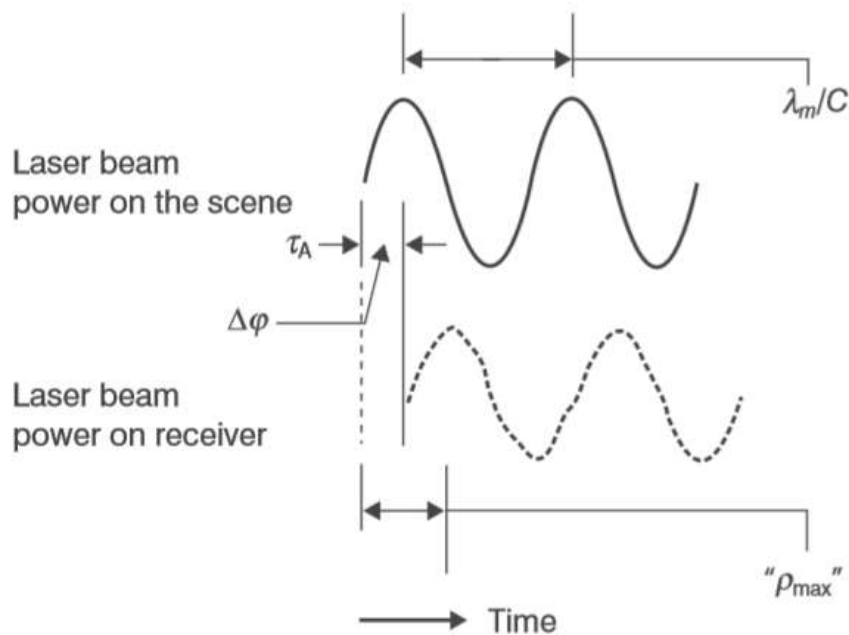
Οι οπτικές τεχνικές σάρωσης διακρίνονται σε ενεργητικές και παθητικές.

1.8.1.1 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

Οι σαρωτές που χρησιμοποιούν ενεργητικές τεχνικές για την αποτύπωση ενός αντικειμένου ή περιβάλλοντος εκπέμπουν κάποιο είδος ακτινοβολίας ή φως και ανιχνεύουν την αντανάκλαση του. Στηρίζονται στην αρχή του ενεργού στερεοσκοπικού φωτισμού και ο έλεγχος φωτισμού πραγματοποιείται με τρεις τεχνικές. Την συνεχή διαμόρφωση κύματος (“continuous wave modulation”), τον προσδιορισμό του χρόνου πορείας (“time of flight estimation”) και τέλος τον τριγωνισμό φως λέιζερ (“laser light triangulation”). Γενικά, αυτές οι τεχνικές σάρωσης χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα όμως υπάρχουν και περιπτώσεις όπου λειτουργούν συνδυαστικά δημιουργώντας έτσι ένα πιο ευέλικτο σύστημα σάρωσης. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης , Οκτώβριος 2014) (Dr. Mostafa, October 2011)

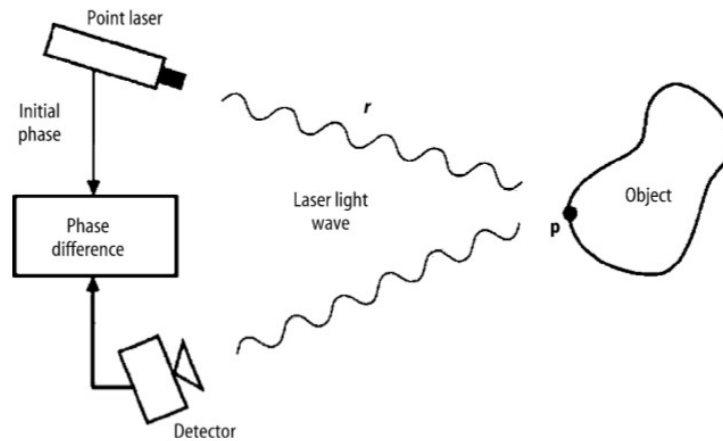
1.8.1.1.1 ΣΥΝΕΧΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ

Σε αυτή την τεχνική προκειμένου να πραγματοποιηθεί η σάρωση χρησιμοποιείται μια συνεκτική πηγή φωτός (“laser”) και μετριέται η διαφορά φάσης του “laser” για την ανάκτηση δεδομένων. Έτσι το “laser” κατευθύνεται προς το μετρούμενο αντικείμενο ή περιβάλλον και στη συνέχεια ανακλάται παρουσιάζοντας μια διαφορετική φάση από αυτή του μεταδιδόμενου κύματος.



Εικόνα 8: Απεικόνιση διαφοράς φάσης $\Delta\phi$ της δέσμης “laser”

Εκμεταλλευόμενο αυτή την διαφορά φάσης μπορεί να προσδιοριστεί η μορφή του μοντέλου μιας και είναι ανάλογη της απόστασεως “r” του σαρωτή από τη σημείο μέτρησης.

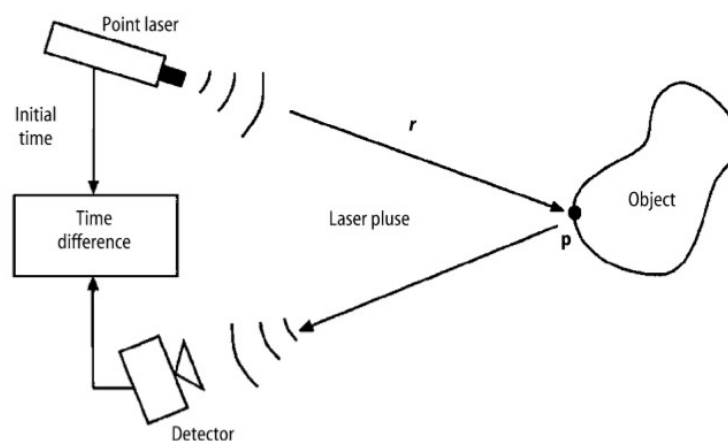


Εικόνα 9 : Παράδειγμα τεχνικής συνεχής διαμόρφωσης κύματος.

Η ακρίβεια των μετρήσεων αυτών εξαρτώνται από το μήκος κύματος του “laser” και την ακρίβεια μέτρησης της διαφοράς φάσης. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης, Οκτώβριος 2014)

1.8.1.1.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΠΟΡΕΙΑΣ

Αυτή η τεχνική μετράει το χρόνο τον οποίο χρειάζεται ένας παλμός “laser” να φτάσει στο προς μέτρηση αντικείμενο και να γυρίσει πίσω, όπως ακριβώς η λειτουργία ενός “radar”. Η ταχύτητα με την οποία ταξιδεύει το φως είναι γνωστή, συνεπώς το μισό του χρόνου που μετρήθηκε είναι ανάλογο με την απόσταση του εκάστοτε σημείου από την πηγή. Κατ’ επέκταση έπειτα από πολλαπλές μετρήσεις διαμορφώνεται η ψηφιακή μορφή της επιφάνειας του αντικειμένου. Συγκεκριμένα, η διάταξη αυτής της τεχνικής αποτελείται από ένα μηχανισμό κατόπτρων ο οποίος κατευθύνει τη δέσμη του “laser” σε όλα τα σημεία του αντικειμένου προκειμένου να σαρωθεί εξ ολοκλήρου η επιφάνεια του.

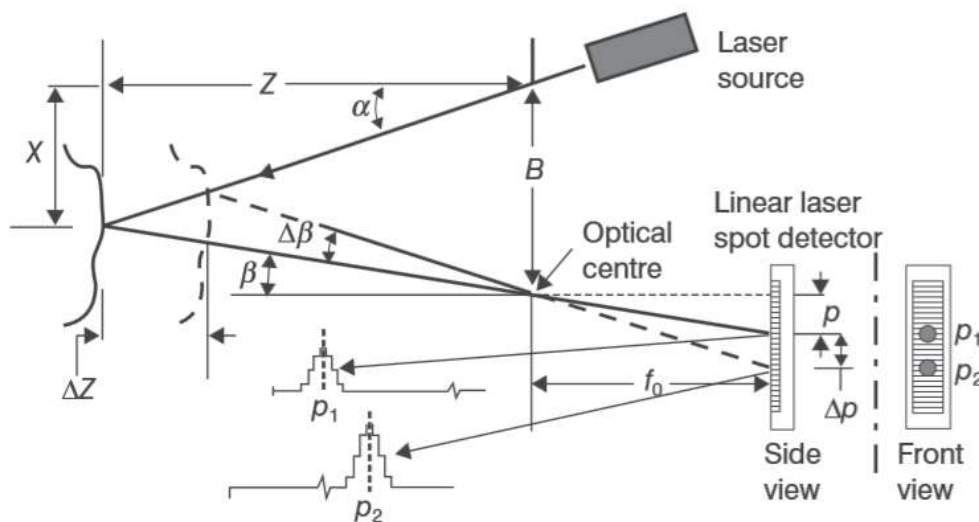


Εικόνα 10: Παράδειγμα τεχνικής προσδιορισμού χρόνου πορείας.

Με τις κατάλληλες μετρητικές διατάξεις προκύπτουν οι πολικές συντεταγμένες κάθε σημείου που μετρήθηκε και στη συνέχεια μετατρέπονται σε ορθογώνιες συντεταγμένες X, Y, Z . Η ανάλυση της μορφής του αντικειμένου εξαρτάται από την πυκνότητα των μετρήσεων, ενώ η ακρίβεια των μετρήσεων αυτών εξαρτάται από τα ηλεκτρονικά μέτρησης της ταχύτητας. Τέλος, χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας τεχνικής είναι το “LIDAR” (“Light Detection And Ranging”), και οι μηχανισμοί αυτοί είναι κατάλληλοι για σάρωση μεγάλων αντικειμένων από απόσταση ακόμα και χιλιομέτρων. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης, Οκτώβριος 2014)

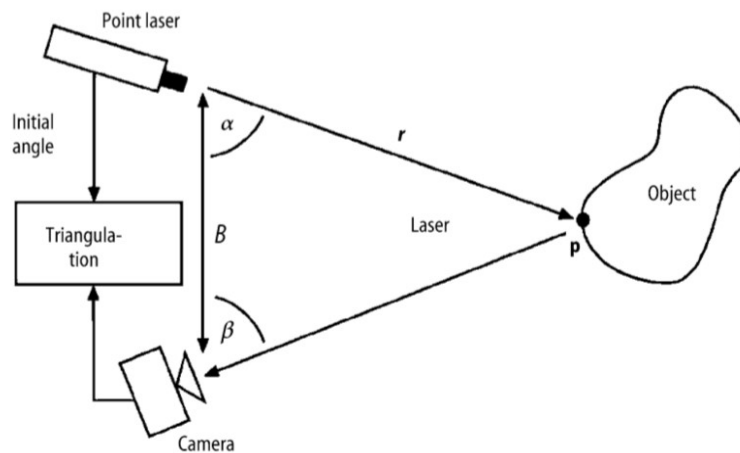
1.8.1.1.3 ΤΡΙΓΩΝΙΣΜΟΣ ΦΩΤΟΣ “LASER”

Για την επίτευξη της σάρωσης στην τεχνική αυτή εκπέμπεται μια ακτίνα φωτός “laser” η οποία προσπίπτει πάνω στο αντικείμενο και στην συνέχεια ανακλάται και συλλέγεται από έναν ή περισσότερους δέκτες (κάμερες).



Εικόνα 11: Απεικόνιση διάταξης της τεχνικής τριγωνισμού με δέσμη “laser” και έναν ανιχνευτή θέσης(δέκτης).

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.12 η τεχνική πήρε αυτή την ονομασία διότι πομπός, δέκτης και αντικείμενο σχηματίζουν μεταξύ τους ένα τρίγωνο. Ως δεδομένα σε αυτή τη διάταξη έχουμε την απόσταση πομπού-δέκτη (B) η οποία είναι σταθερή καθώς επίσης και τις γωνίες εκπομπής(α) και πρόσληψης (β). Η απόσταση (“ r ”) μεταξύ πηγής φωτός και αντικειμένου είναι ανάλογη με τη θέση πρόσπτωσης της ακτίνας “laser” επάνω στο δέκτη και μέσω των στοιχείων που προαναφέρθηκαν είναι εφικτός ο προσδιορισμός της οπότε και της θέσης $X Y Z$ του κάθε μέρους επιφάνειας.



Εικόνα 12: Παράδειγμα τεχνικής τριγωνισμού φωτός “laser”.

Η ακρίβεια της τεχνικής αυτής εξαρτάται κυρίως από την ανάλυση της κάμερας αλλά μπορεί εύκολα να επηρεαστεί από τις γεωμετρικές διαστάσεις, την ανακλαστικότητα του αντικειμένου αλλά και τις εκάστοτε συνθήκες φωτισμού. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης , Οκτώβριος 2014)

1.8.1.1.4 ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΑΡΩΣΗΣ

Όλες οι οπτικές ενεργητικές τεχνικές σάρωσης παρουσιάζουν κάποιες αστοχίες κατά τις μετρήσεις, οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη προκειμένου οι μετρήσεις αυτές να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβείς. Πιο συγκεκριμένα όταν επιδιώκεται υψηλή ακρίβεια λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας των μετρήσεων είναι αναμενόμενο πως κάποια από τις μετρήσεις θα ληφθεί οριακά επάνω σε μια ακμή που πιθανόν υπάρχει στην επιφάνεια. Έτσι, για τον ίδιο παλμό μέτρησης επιστρέφονται στον δέκτη του σαρωτή συντεταγμένες για δύο θέσης μέτρησης (οριακά επάνω και οριακά κάτω από το πραγματικό σημείο). Επομένως, είναι εμφανές ότι δεν είναι αξιόπιστη η τελική εικόνα του τρισδιάστατου μοντέλου στο σημείο αυτό. Η πρώτη μέθοδος επίλυσης του συγκεκριμένου προβλήματος λαμβάνει υπόψη το μέσο όρο των δύο μετρήσεων. Αυτό όμως έχει σαν αποτέλεσμα την λάθος τοποθέτηση της θέσης του σημείου στο χώρο, δημιουργώντας σφάλμα. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε μια άλλη μέθοδος επίλυσης μέσω λογισμικού το οποίο λαμβάνει με χρήση αλγορίθμου τις συντεταγμένες που είναι πιο κοντά στην αμέσως προηγούμενη μέτρηση απορρίπτοντας έτσι την δεύτερη και εσφαλμένη μέτρηση.

Μια άλλη αστοχία η οποία παρουσιάζεται είναι ο κίνδυνος σφαλμάτων λόγω κίνησης είτε από το πεδίο σάρωσης είτε από τον ίδιο το σαρωτή. Αυτό συμβαίνει διότι η δειγματοληψία των σημείων,

ειδικά όταν απαιτείται υψηλή ακρίβεια κάτι το οποίο συνεπάγεται με λήψη μετρήσεων σε αρκετά λεπτά, πραγματοποιείται σε διαφορετικό χρόνο παραμορφώνοντας τα δεδομένα που συλλέγονται. Η κίνηση του σαρωτή μπορεί να προκληθεί ακόμα και λόγω διαφοράς θερμοκρασίας (συστολές-διαστολές) στο τρίποδο στήριξής του, όταν η μετρήσεις γίνονται σε υπαίθριο χώρο και είναι εκτεθειμένο στον ήλιο. Αν και μικρή αυτή η κίνηση, σε βάθος χρόνου μπορεί να αποφέρει αξιοσημείωτες παραμορφώσεις στο τελικό μοντέλο. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού στον σαρωτή χρησιμοποιούνται αντισταθμιστές με συστήματα αυτομάτου ελέγχου εξουδετερώνοντας έτσι πιθανές κινήσεις ή δονήσεις.

Τέλος, αστοχίες στις μετρήσεις η οποίες θα επηρεάσουν σοβαρά τα τελικά αποτελέσματα μπορούν να προκληθούν και από άλλες παραμέτρους, όπως για παράδειγμα η κατάσταση της εκάστοτε ατμόσφαιρας (σκόνη-υγρασία), η ανακλαστικότητα του αντικειμένου ενδιαφέροντος και η πιθανόν ύπαρξη δυνατής εξωτερικής ακτινοβολίας (ήλιος-λαμπτήρες). Όμως, πέρα απ' όλα αυτά σημαντικότερο ρόλο παίζει η αρχική βαθμονόμηση του οργάνου που χρησιμοποιείται, όπως επίσης ο μετέπειτα σωστός χειρισμός του, τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψιν και να γίνονται από εξειδικευμένο προσωπικό. **(Dr. Mostafa, October 2011)**

1.8.1.1.5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΣΑΡΩΤΩΝ

Οι κυριότεροι και πιο διαδεδομένοι ενεργητικοί σαρωτές στη μηχανική είναι οι σαρωτές δομημένου φωτός (“Structured light scanners”) και οι σαρωτές με χρήση “laser” (“3D laser scanners”) οι οποίοι έχουν ευρύ φάσμα χρησιμότητας ανάλογα τις απαιτήσεις σε κάθε περίπτωση.

1.8.1.1.5.1 ΣΑΡΩΤΗΣ ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΣ

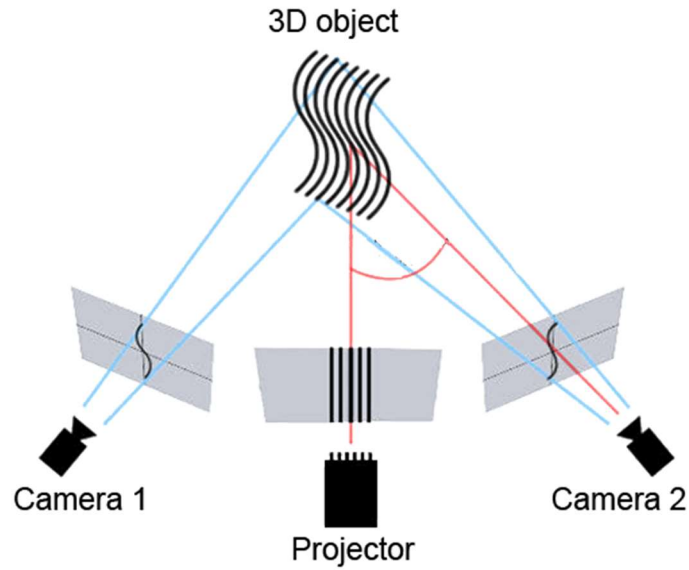
Σαρωτές δομημένου φωτός ή αλλιώς “Structured light scanners” μπορεί να βρει κανείς είτε φορητούς είτε σταθερούς. Χρησιμοποιείται κάθε είδος σύμφωνα με το προς μέτρηση αντικείμενο και είναι στην κρίση του χειριστή για το ποιο από τα δύο θα επιλέξει. Εάν πρόκειται λοιπόν για κάποιο σταθερό ή βαρύ αντικείμενο το οποίο δυσκολεύει τη μεταφορά του, επιλέγεται ο φορητός σαρωτής ενώ για πιο μικρά και ελαφριά αντικείμενα επιλέγεται ο σταθερός. Αυτό που κάνει τους σαρωτές τέτοιας τεχνολογίας να ξεχωρίσουν είναι η ταχύτητα μέτρησης σημείων, και μάλιστα πολλαπλών ταυτοχρόνως αλλά και η ακρίβεια τους. Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή της επιφάνειας που πραγματοποιείται η σάρωση μπορούν να μετρηθούν εκατοντάδες σημεία ανά δευτερόλεπτο ή με άλλα λόγια ο ρυθμός ανάκτησης δεδομένων ανέρχεται περίπου στα 120 καρέ/δευτερόλεπτο. Η

διάταξη της τεχνολογίας αυτής αποτελείται από έναν προβολέα “LCD” (“Liquid Crystal Display”) ως πομπός και μια ή περισσότερες κάμερες, ελαφρώς μετατοπισμένες από τον προβολέα, ως δέκτες.



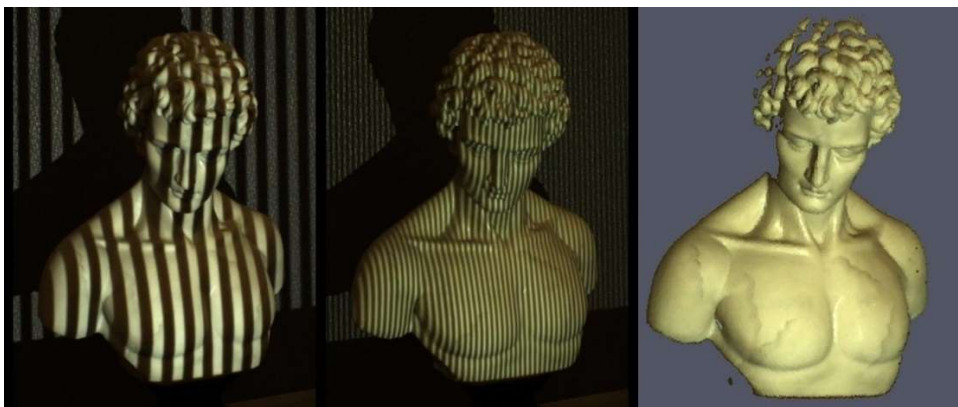
Εικόνα 13: Σαρωτής Δομημένου Φωτός

Ο προβολέας συνήθως εκπέμπει ένα μονοδιάστατο ή δισδιάστατο μοτίβο. Παράδειγμα ενός μονοδιάστατου μοτίβου είναι μια δέσμη φωτός σε μορφή γραμμής ή λωρίδας ενώ ενός δισδιάστατου ο συνδυασμός γραμμών που έχουν τελική μορφή πλέγματος και θεωρείται βελτιωμένη διάταξη του μονοδιάστατου. Το φως αυτό προσπίπτει επάνω στο αντικείμενο με συγκεκριμένη γωνία και δεδομένου ότι οι κάμερα/κάμερες είναι σε γνωστή απόσταση από τον προβολέα, μπορεί να εκμεταλλευτεί την τεχνική του τριγωνισμού. Στη συνέχεια, ανακλάται από το αντικείμενο ενώ η ανάκλαση αυτή παρατηρείται από τις κάμερες οι οποίες εξετάζουν την παραμόρφωση του μοτίβου που προβλήθηκε από τον πομπό.



Εικόνα 14: Αρχή λειτουργίας σαρωτή Δομημένου Φωτός

Έτσι μέσω της παραμόρφωσης αυτής και με τη βοήθεια αλγορίθμων, μετατρέπεται σε δεδομένα X,Y,Z συντεταγμένων όπου καθορίζουν πλήρως την επιφάνεια του εξαγόμενου “3D” ψηφιακού μοντέλου. Ολοκληρώνοντας, ο χρωματισμός τον οποίο χρησιμοποιούσε ένας σαρωτής δομημένου φωτός ξεκίνησε από λευκό φως ενώ πρόσφατα δοκιμάστηκε και το γαλάζιο. Πλέον, καλύπτεται όλο το χρωματικό φάσμα κάτι το οποίο αποφέρει στο να είναι δυνατή η αποτύπωση των χρωμάτων του αντικειμένου έχοντας έτσι πλήρη έγχρωμη χαρτογράφηση του μοντέλου. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης, Οκτώβριος 2014) (Vinesh & Kiran, October 2009) (Dr. Mostafa, October 2011) (Bernier, et al., 2015)



Εικόνα 15: Παράδειγμα σάρωσης προτομής με το τελικό εξαγόμενο “3D” μοντέλο

1.8.1.1.5.2 ΣΑΡΩΤΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ “LASER”

Γενικά, υπάρχουν διάφορα είδη σαρωτών “laser” με τα οποία μπορεί να επιτευχθεί μια ολοκληρωμένη σάρωση, όπου ανάλογα με τις ανάγκες κάθε περίπτωσης επιλέγεται ο κατάλληλος ενώ το κόστος τους μπορεί να κυμανθεί από μερικές χιλιάδες έως εκατοντάδες χιλιάδες ευρώ. Τέτοιου είδους σαρωτές θα μελετηθούν και θα αναλυθούν εκτενέστερα σε επόμενη ενότητα. Παρακάτω ενδεικτικά απεικονίζεται ένας “3D laser” σαρωτής. **(Dr. Mostafa, October 2011)**



Εικόνα 16: 3D Laser Scanner

1.8.1.2 ΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

Οι σαρωτές που χρησιμοποιούν παθητικές τεχνικές σάρωσης είναι παρόμοιοι με τους σαρωτές που χρησιμοποιούν ενεργητικές τεχνικές παρ’ όλα αυτά οι σαρωτές παθητικών τεχνικών δεν προβάλλουν κάποια πηγή φωτός ή “laser” προκειμένου να προσδιορίσουν τις συντεταγμένες ενός αντικειμένου αλλά αναλύουν δισδιάστατες εικόνες.

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια τέτοιου είδους σάρωση όπου κάποιες από τις τεχνικές αυτές είναι η “Shape From Shading” (“SFS”), η “Shape From Stereo”, η “Shape From Motion”, η “Shape From Focus” κ.α. Κατά κύριο λόγο η “SFS” είναι η πιο διαδεδομένη τεχνική η οποία βασίζεται στη σκίαση. Έτσι για την δημιουργία ενός “3D” μοντέλου θα πρέπει να αναπαρασταθεί το δοκίμιο σε μια εικόνα “2D” με τη βοήθεια μιας κάμερας και στη συνέχεια να αναλυθεί σύμφωνα με τις πληροφορίες σκίασης που δημιουργείται φυσικά επάνω σε κάθε σημείο

της επιφάνειας του δοκιμίου. Σημαντικό είναι επίσης να αναφερθεί πως η “SFS” ήταν η πρώτη τεχνική παθητικής σάρωσης και αναπτύχθηκε από τον Horn στις αρχές της δεκαετίας του 70’. Λόγω όμως αδυναμίας της τεχνικής αυτής στην επαρκή απεικόνιση του ψηφιακού τρισδιάστατου μοντέλου είναι εφικτός ο συνδυασμός της τεχνικής “Shape From Stereo” όπου πραγματοποιούνται δύο ή περισσότερες λήψεις του δοκιμίου από διαφορετικές γωνίες. Στη συνέχεια οι διάφορες λήψεις συνδυάζονται αντιστοιχώντας έτσι τα κοινά χαρακτηριστικά με αποτέλεσμα να έχει ένα ικανοποιητικότερο τελικό αποτέλεσμα στην εξαγωγή του μοντέλου. Παρόλο που συνδυαστικά με την τεχνική “Shape From Stereo” έχουμε μια βελτιωμένη ακρίβεια στα δεδομένα, η σωστή αντιστοιχία των λήψεων μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα αποτελέσματα. Έτσι παρουσιάζονται αρκετά μειονεκτήματα σε αυτού του είδους σαρωτές τα οποία τους καθιστούν μη λειτουργικούς. Κάποια από τα μειονεκτήματα είναι:

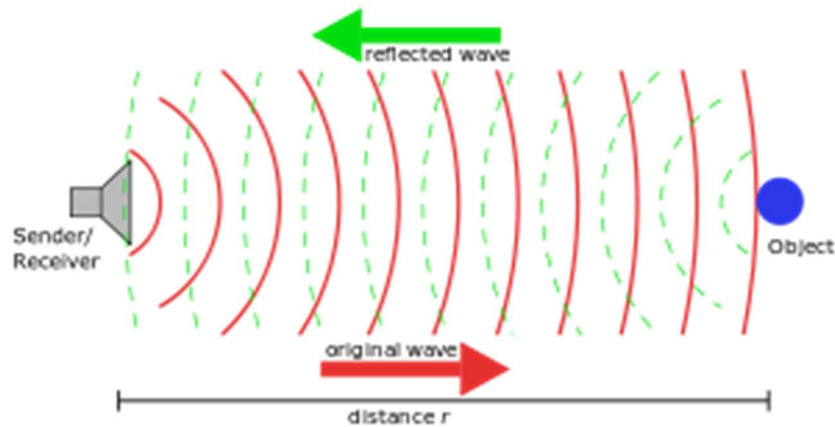
- Δεν παρέχουν επαρκής πληροφορίες εντάσεως σκίασης.
- Είναι απαραίτητο η επιφάνεια προς σάρωση να έχει την ίδια ανακλαστικότητα με αποτέλεσμα να μην μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλη ποικιλία αντικειμένων.
- Είναι ευαίσθητα στο θόρυβο της εικόνας ο οποίος την αλλοιώνει με αποτέλεσμα τη δυσκολία υπολογισμού των επιφανειακών κλίσεων.

Συνοψίζοντας, παρότι απαιτούν απλό εξοπλισμό για την επίτευξη της διαδικασίας παρουσιάζουν ανακρίβειες στα ανακτόμενα “3D” δεδομένα κάνοντας έτσι πλεονεκτικότερους τους ενεργητικούς σαρωτές οι οποίοι με την σειρά τους οδηγούν αναπόφευκτα σε πιο ακριβές λύσεις. **(Vinesh & Kiran, October 2009)**

1.8.2 ΜΗ ΟΠΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

Ενδεικτικά αναφέρεται και μια άλλη κατηγορία τεχνικών σάρωσης η οποία δεν απευθύνεται τόσο στην επιστήμη των μηχανικών και στην αντίστροφη μηχανική.

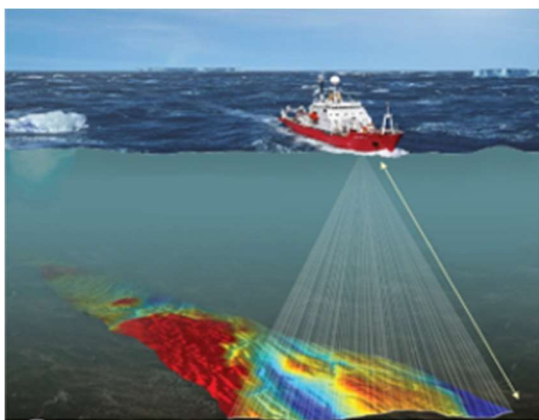
Η τεχνική αυτή περιλαμβάνει το ενεργό σόναρ και τα ραντάρ μικροκυμάτων. Όπως λέει και η ονομασία της δεν έχει κάποιο ορατό πεδίο αλλά με χρήση ήχων εκτός ακουστικής εμβέλειας και μικροκυμάτων το σύστημα μπορεί έμμεσα να “δει” το πεδίο το οποίο έχει καθοριστεί για την πραγματοποίηση μέτρησης. Συγκεκριμένα, υπολογίζεται η απόσταση από το μετρητικό όργανο μέχρι το σημείο μέτρησης. Την διεργασία αυτή διευκολύνει η μέτρηση της χρονικής καθυστέρηση που δημιουργείται μεταξύ μεταδιδόμενου και επιστρεφόμενου σήματος η οποία είναι ανάλογη με την εκάστοτε απόσταση.



Εικόνα 17: Χρονική καθυστέρηση μεταξύ μεταδιδόμενου και επιστρεφόμενου σήματος

Η τεχνική σόναρ χρησιμοποιείται ευρέως σε πλοία για την καταγραφή του υποβρύχιου υπεδάφους βοηθώντας του ναυτικούς στην πλοήγηση του πλοίου και στην αποφυγή τυχών εμποδίων. Τέτοιου είδους τεχνικές θεωρούνται πως αποτελούνται από ανέξοδους αισθητήρες όμως ως μειονέκτημα φαίνεται να έχουν χαμηλή ακρίβεια μέτρησης, χαμηλή ταχύτητα λήψης και πιθανόν παρεμβολές από εξωτερικούς θορύβους μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα παραπλανητικές μετρήσεις.

Αντιθέτως, τα αεροσκάφη είναι εξοπλισμένα με συστήματα ραντάρ με τα οποία έχουν την δυνατότητα καταγραφής υψόμετρου πτήσης και χαρτογράφηση γεωγραφικών χαρακτηριστικών. Και σε αυτή την περίπτωση τα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται αυτά τα συστήματα καθαρά και μόνο για τη διευκόλυνση της πλοήγησης τους. (Vinesh & Kiran, October 2009)

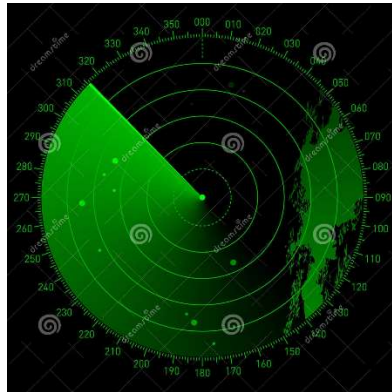


(α)



(β)

Εικόνα 18: (α) Σχηματική απεικόνιση Σόναρ πλοίων, (β) Ραντάρ αεροσκαφών



Εικόνα 19: Ένδειξη ψηφιακού μοντέλου με χρήση μη οπτικής τεχνικής

1.9 “3D LASER SCANNERS”

Οι “3D laser scanners” μπορούν να ανακτήσουν δεδομένα για την επιφάνεια και την υφή ενός αντικειμένου, κτηρίου ή χώρου γενικότερα, χρησιμοποιώντας μια δέσμη “laser”. Εκτίνοντας λοιπόν τη δέσμη προς διάφορες κατευθύνσεις, μετριέται η απόσταση πολλαπλών σημείων της επιφάνειας του δοκιμίου, εκμεταλλευόμενο τις τεχνικές ενεργητικών σαρωτών που προαναφέρθηκαν, και καθορίζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του. Οι σαρωτές αυτοί λοιπόν, διακρίνονται σε τρία (3) βασικά είδη τα οποία είναι:

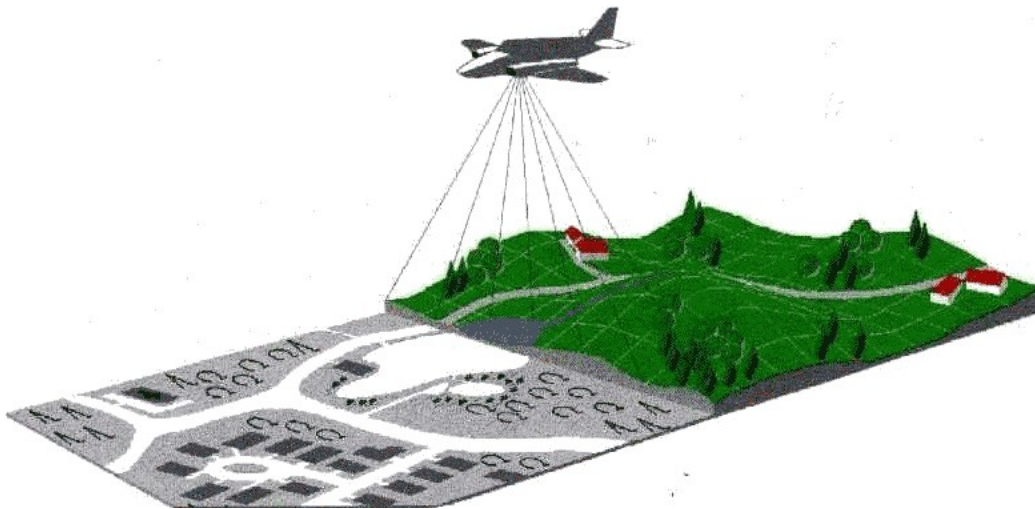
- ✓ “Airborne 3D Laser Scanner”
- ✓ “Terrestrial 3D Laser Scanner”
- ✓ “Hand-Held 3D Laser Scanner”

(Dr. Mostafa, October 2011)

1.9.1 “AIRBORNE 3D LASER SCANNER”

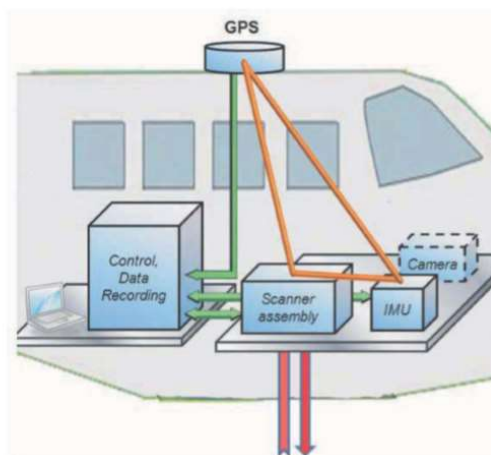
Οι “αερομεταφερόμενοι” σαρωτές “Airborne Laser Scanner(ALS)” ή αλλιώς “Airborne Laser Terrain Mapper (ALTM)” πρωτοεμφανίστηκαν στη βιομηχανία της τοπογραφίας κατά τα μέσα της δεκαετίας του 90’. Αποτελούν μια κοινή τεχνική με υψηλή απεικόνιση “3D” μοντέλων και είναι υπεύθυνοι για την χαρτογράφηση και την μοντελοποίηση του εδάφους.

Όπως γίνεται αντιληπτό από την ονομασία τους οι σαρωτές τέτοιου τύπου είναι τοποθετημένοι εντός αεροσκάφους ή ελικοπτήρου. Έτσι λοιπόν, πραγματοποιώντας πτήσεις επάνω από το πεδίο ενδιαφέροντος και παράλληλα σαρώνοντάς το, δημιουργείται το αντίστοιχο νέφος σημείων του εδάφους. Το νέφος αυτό στη συνέχεια διατίθεται για επεξεργασία και κάθε χρήση από τις αρμόδιες υπηρεσίες χαρτογράφησης. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί πως αυτό το σύστημα είναι διαφορετικό με τα συστήματα ραντάρ του αεροσκάφους, που προαναφέρθηκαν στις μη οπτικές τεχνικές σάρωσης και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την πλοήγηση τους.



Εικόνα 20: Σχηματική απεικόνιση “3D” σάρωσης με χρήση “Airborne Laser Scanner”

Δεν θα μπορούσαν να παραληφθούν τα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται ένα τέτοιο σύστημα σάρωσης, όπου είναι τα εξής:



Εικόνα 21: Εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα “Airborne Laser Scanner”

- ✓ **Σύστημα “Laser” Σαρωτή:** Το σύστημα αυτό είναι τοποθετημένο εντός του αεροσκάφους και στην άτρακτό του υπάρχει μια τρύπα προκειμένου να περνάει η δέσμη “laser”. Το μήκος κύματος της δέσμης είναι ίσο με $1,04\mu\text{m}$ και δεν βρίσκεται στο ορατό φάσμα, κάτι το οποίο καθιστά την εφαρμογή ασφαλή σε περίπτωση επαφής με τα μάτια. Όσον αφορά την τεχνική σάρωσης που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο σύστημα είναι το “time of flight”, όπου και αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ας σημειωθεί ακόμα ότι η πυκνότητα των μετρήσεων εξαρτάται από την συχνότητα του “laser”, την ταχύτητα και το ύψος της πτήσης και κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 50 σημείων/ m^2 , ενώ προσαρμόζοντας τους παραμέτρους αυτούς μπορεί να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση.
- ✓ **Αερομεταφερόμενη κεραία “GPS (Global Positioning System)”:** Η κεραία αυτή είναι τοποθετημένη εξωτερικά από το αεροσκάφος και χρησιμεύει στην σύνδεση της με τον αντίστοιχο δορυφόρο προκειμένου να προσδιοριστεί η θέση του αεροσκάφους.
- ✓ **Μονάδα αδρανειακής μέτρησης “IMU (Inertial Measurement Unit)”:** Η μονάδα αυτή είναι υπεύθυνη για την καταγραφή των δεδομένων επιταχύνσεων και περιστροφών. Σκοπός της είναι, να υπολογιστεί συνδυαστικά με την μονάδα “GPS” η ακριβής θέση και ο προσανατολισμός του συστήματος. Παράλληλα, ανασυγκροτείται και η τροχιά της πτήσης που πραγματοποιήθηκε με ακρίβεια απόκλισης μικρότερη των 10cm. Να σημειωθεί ότι ο ρυθμός δειγματοληψίας της μονάδας “IMU” είναι περίπου ίσος με 200Hz.
- ✓ **Μονάδα ελέγχου:** Σε αυτή την μονάδα γίνεται ο έλεγχος του συνολικού συστήματος και η αποθήκευση των δεδομένων που προέρχονται από τον σαρωτή, το σύστημα “GPS”, και τη μονάδα “IMU”. Αναλυτικότερα, για να γίνει κατανοητή η τάξη μεγέθους των δεδομένων που αποθηκεύονται έχουμε: για σύγχρονους σαρωτές έως 300.000 (παλμούς “laser”/sec) παράγονται 20 (GB δεδομένων/h) ενώ για τα “GPS/ IMU” παράγονται 0,1(GB δεδομένων/h).
- ✓ **Φορητός υπολογιστής:** Χρησιμοποιείται ως μέσο επικοινωνίας με την μονάδα ελέγχου και καταγραφής δεδομένων. Ακόμα, παρακολουθούνται οι επιδόσεις κατά την έρευνα ενώ ταυτόχρονα γίνονται πιθανές ρυθμίσεις παραμέτρων. Υπεύθυνο για αυτά καθίσταται το λογισμικό αλλά και ο χειριστής του λογισμικού, όπου μέσα από μορφολογικά φίλτρα καθορίζει τα κριτήρια της σάρωσης. Ένα παράδειγμα που θα μπορούσε να δοθεί προκειμένου να γίνει κατανοητός ο σκοπός ύπαρξης των φίλτρων αυτών είναι η περίπτωση σάρωσης για της ανάγκες μιας δασοκομικής μοντελοποίησης, όπου εκεί ρυθμίζονται τα δεδομένα που λαμβάνονται να είναι μετρήσεις από τις κορυφές των δέντρων-βλάστησης. Αντιθέτως, στην περίπτωση χαρτογράφησης του εδάφους ρυθμίζεται να λαμβάνονται οι μετρήσεις από τις δέσμες του “laser” οι οποίες έχουν διαπεράσει τα φυλλώματα και αντιστοιχούν σε μετρήσεις του εδάφους.

- ✓ **Σύστημα διαχείρισης πτήσης:** Το συγκεκριμένο σύστημα είναι ένα βασικό μέσο προκειμένου να έρθει εις πέρας με επιτυχία η αποστολή της σάρωσης. Πιο συγκεκριμένα, εμφανίζει στον πιλότο του αεροσκάφους την προτεινόμενη τροχιά πτήσης που θα πρέπει να ακολουθήσει προκειμένου να σαρωθούν όλα τα σημεία στο έδαφος, αποφεύγοντας παράλληλα την επανάληψη σάρωσης ενός ίδιου σημείου.
- ✓ **Ψηφιακή κάμερα μεσαίου μεγέθους(προαιρετικά):** Μια τέτοια κάμερα βοηθάει στην καλύτερη ερμηνεία των δεδομένων σάρωσης κάνοντας έτσι την επεξεργασία του εξαγόμενου νέφους σημείων πιο διαχειρίσιμη (για κάθε επιφάνεια σάρωσης το νέφος σημείων ακολουθείται από την αντίστοιχη φωτογραφική απεικόνιση). Όμως, σε περιπτώσεις που χρησιμοποιείται παράλληλα και κάμερα θα πρέπει να προσαρμόζεται το ύψος πτήσης μιας και το οπτικό πεδίο της κάμερας είναι περιορισμένο (πτήση σε χαμηλότερο υψόμετρο). Για μεγαλύτερου μεγέθους κάμερες λόγω βάρους απαιτείται και μεγαλύτερο αεροσκάφος όμως αυτό συμβάλει στην υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου και δεν είναι συμφέρουσα λύση. Τέλος σημαντικό είναι να αναφερθεί το γεγονός πως απαιτείται και δεύτερη τρύπα στην άτρακτο του αεροσκάφους μιας και η κάμερα βρίσκεται σε άλλη θέση από αυτή που βρίσκεται ο σαρωτής.

Βασικό για την ολοκλήρωση του συστήματος είναι ο σταθμός εδάφους “GPS” ο οποίος είναι και ο σταθμός αναφοράς για το σύστημα της σάρωσης με τον οποίο και αλληλοεπιδρά. Πολλές φορές οι ατμοσφαιρικές διαταραχές επιδρούν αρνητικά στον ακριβή προσδιορισμό της θέσης τους συστήματος σάρωσης. Προκειμένου λοιπόν να αντιμετωπιστεί αυτό, δεν πρέπει η απόσταση μεταξύ “GPS” εδάφους και αεροσκάφους, να υπερβαίνει τα 30km χωρίς αυτό να σημαίνει πως και σε μεγαλύτερες αποστάσεις είναι ανέφικτο να πραγματοποιηθεί ακριβής εντοπισμός θέσης του συστήματος. Το θετικό είναι πως υπάρχουν αρκετοί σταθμοί εδάφους “GPS” με αποτέλεσμα να μην περιορίζεται η εφαρμογή της εναέριας σάρωσης.

Εκείνο που έχει ιδιαίτερη σημασία, είναι η ακρίβεια των δεδομένων σάρωσης σε ένα τέτοιο σύστημα η οποία μπορεί να επηρεασθεί. Έτσι, οι κύριες πηγές που συμβάλουν αρνητικά σε αυτό είναι:

- ✓ Εσφαλμένη βαθμονόμηση συστημάτων “GPS/ IMU” και σαρωτή.
- ✓ Σφάλματα λόγω περιορισμένης ακρίβειας της προγραμματισμένης διαδρομής πτήσης
- ✓ Σφάλματα λόγω πολυπλοκότητας του πεδίου ενδιαφέροντος
- ✓ Σφάλματα λόγω αντανάκλασεων (πχ. εξαιτίας ύπαρξης υδάτων)
- ✓ Σφάλματα κατά τον μετασχηματισμό των δεδομένων σάρωσης σε συντεταγμένες

Στην πράξη η ακρίβεια των τελικών δεδομένων αναφερόμενοι σε ύψος είναι 0,05-0,2m, σε μήκος είναι 0,2-1m και σε ύψος πτήσεως που δεν ξεπερνά τα 2000m.

Ολοκληρώνοντας, αυτά τα συστήματα αερομεταφερόμενων σαρωτών υστερούν στο γεγονός ότι η δέσμη του “laser” δεν μπορεί να διεισδύσει σε σύννεφα, ομίχλη και υψηλή βλάστηση ενώ πλεονεκτούν λόγω του ότι παρέχουν γρήγορη ανάκτηση δεδομένων και συγκριτικά με άλλους μεθόδους ανάκτησης δεδομένων σάρωσης τοπίων, μπορούν να πραγματοποιηθούν σαρώσεις μέρα και νύχτα μιας και η δέσμη είναι ανεξάρτητη από το ηλιακό φως. **(Vosselman & Mass, 2010) (Dr. Mostafa, October 2011)**

1.9.2 “TERRESTRIAL 3D LASER SCANNER”

Τέτοιου είδους σαρωτές κατά βάση παρουσιάζουν τις ίδιες αρχές λειτουργίας με τους “ALS”, η μόνη διαφορά τους όπως γίνεται αντιληπτό και από την ονομασία τους είναι ότι λειτουργούν επίγεια. Παρουσιάζουν ξεχωριστά πλεονεκτήματα μιας και έχουν την ικανότητα να σαρώνουν πολύπλοκα αντικείμενα από διάφορες γωνίες όπως για παράδειγμα κτήρια, ακόμα και σε εσωτερικούς χώρους, συγκριτικά με τους εναέριους σαρωτές “laser”. Επίσης, είναι προφανέστατα ταχύτερο από παραδοσιακές τεχνικές ανάκτησης δεδομένων τοπογραφίας.

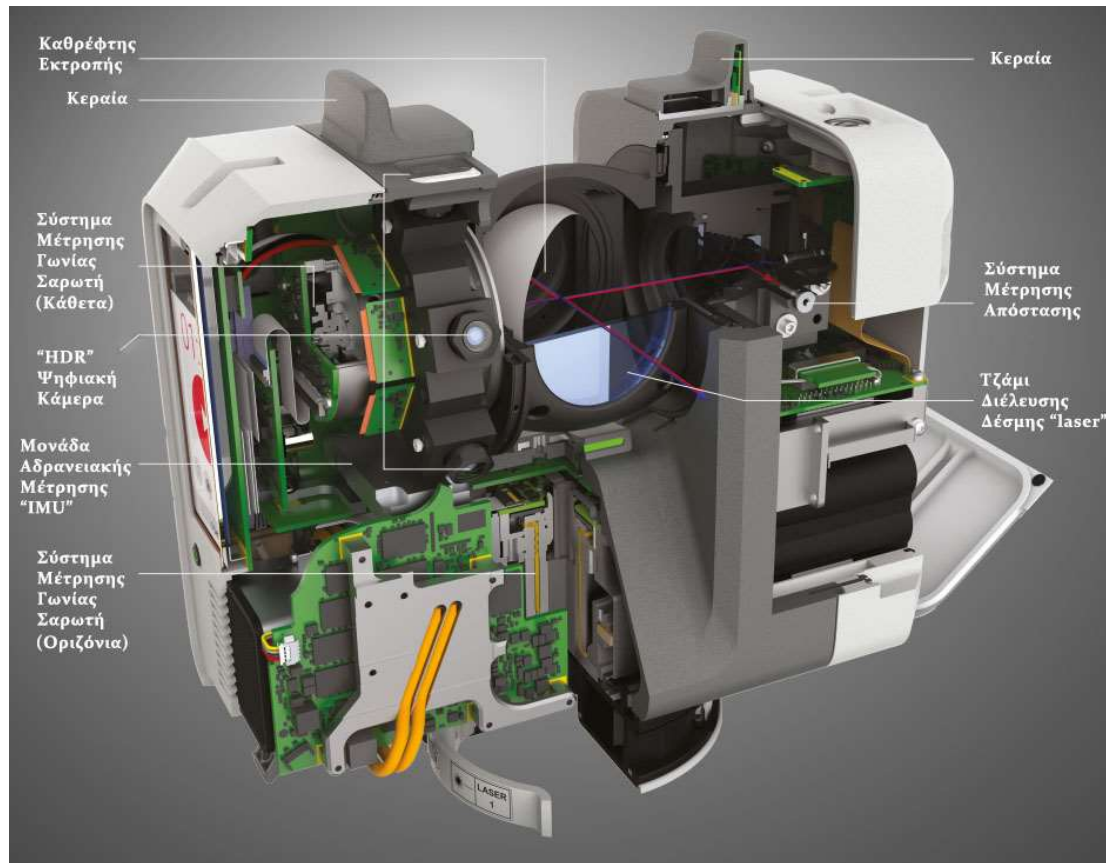
Συνήθως, οι συγκεκριμένοι σαρωτές είναι στερεωμένοι σε ένα τρίποδο, όμως υπάρχουν και περιπτώσεις όπου είναι τοποθετημένοι επάνω σε κάποιο όχημα (κυρίως αυτοκίνητο). Όσον αφορά τους σαρωτές που είναι τοποθετημένοι επάνω σε τρίποδο, σαρώνουν τα αντικείμενα ενδιαφέροντος χειροκίνητα σε κάθε θέση τοποθέτησής τους. Ενώ, όσον αφορά τις περιπτώσεις που βρίσκονται επάνω σε κάποιο όχημα προκειμένου να πραγματοποιήσουν σαρώσεις, υπάρχουν δύο λειτουργίες σάρωσης. Την λειτουργία «εν κινήσει», όπου το όχημα κινείται συνεχώς σε μια τροχιά και ο σαρωτής πραγματοποιεί συνεχώς λήψης, και την λειτουργία «stop & go» όπου το όχημα πρέπει να κάνει στάσεις προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι σαρώσεις βήμα-βήμα. Κάθε λειτουργία χρησιμοποιείται ανάλογα τους εκάστοτε περιορισμούς και απαιτήσεις.



Εικόνα 22: Επίγειος σαρωτής “laser” τοποθετημένος σε τρίποδο και σε όχημα

Είναι χρήσιμο να τονισθεί πως υπάρχουν αρκετά συστήματα επίγειων σαρωτών, καθώς κάθε κατασκευαστής έχει αναπτύξει διαφορετικές διατάξεις σαρωτών όπου ο καθένας παρουσιάζει διαφορετικές δυναμικότητες. Για παράδειγμα, ο σαρωτής “Leica HDS3000” έχει πανοραμικό πεδίο 360° και κάθετη γωνία ανοίγματος 80°-90°. Ουσιαστικά, η μόνη “νεκρή” περιοχή που δεν μπορεί να σαρώσει είναι μια κωνική περιοχή κάτω από αυτόν. Ενώ ο σαρωτής “Cyra 2500” έχει πιο περιορισμένο οπτικό πεδίο ίσο με 40°-60°, κάτι το οποίο σημαίνει μεγαλύτερη “νεκρή” περιοχή περιμετρικά από τον εαυτό του. Γενικά, τέτοιου είδους συστήματα πραγματοποιούν σαρώσεις σε οριζόντιο και κατακόρυφο επίπεδο. Για κάθε σημείο που σαρώνεται, αποθηκεύονται δεδομένα σχετικά με την απόσταση του σαρωτή από το αντικείμενο και την οριζόντια-κάθετη γωνία θέσης του σαρωτή έτσι ώστε να καταγραφούν οι συντεταγμένες και κατ’ επέκταση να εξαχθεί το νέφος σημείων. (Dr. Mostafa, October 2011) (Vosselman & Mass, 2010)

Τυπικά, στην παρακάτω φωτογραφία φαίνονται τα εξαρτήματα ενός επίγειου σαρωτή “laser” εκ των οποίων μερικά είναι ίδια με αυτά των αερομεταφερόμενων όπως αναλύθηκαν προηγουμένως :



Εικόνα 23: Εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα "Terrestrial Laser Scanner"

1.9.3 "HAND-HELD 3D LASER SCANNER"

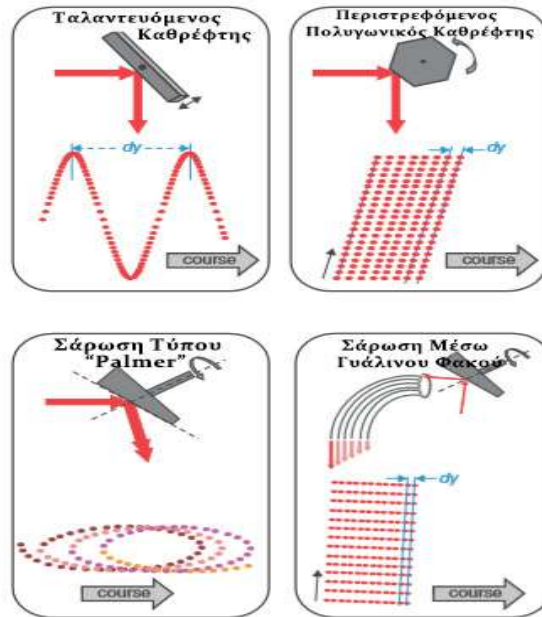
Ένας φορητός σαρωτής "laser" χρησιμοποιείται κυρίως σε αντικείμενα μικρού μεγέθους και εκμεταλλεύεται την τεχνική σάρωσης τριγωνισμού. Λόγω μεγάλης ελευθερίας κίνησης στο χώρο αλλά και όπως είναι απαραίτητο σε κάθε σύστημα σάρωσης πρέπει να καθορίζεται κάθε στιγμή η θέση του σαρωτή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια λογισμικών, θέτοντας σημεία αναφοράς επάνω στο ίδιο το αντικείμενο. Τα δεδομένα που ανακτώνται κατά τη σάρωση, μεταφέρονται σε έναν υπολογιστή όπου εκεί μετά από επεξεργασίες που θα υποστεί το νέφος σημείων εξάγεται το πλήρες "3D" μοντέλο. (Dr. Mostafa, October 2011)



Εικόνα 24: Απεικόνιση ενός φορητού “Laser Scanner”

1.10 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΑΡΩΣΗΣ

Οι συγκεκριμένοι μηχανισμοί σάρωσης απευθύνονται αποκλειστικά στους σαρωτές “laser”. Προκειμένου λοιπόν η εξαγόμενη δέσμη “laser” να διασκορπιστεί και να καλύψει πολλαπλά σημεία επάνω στον αντικείμενο ενδιαφέροντος-έδαφος, απαιτείται να παρεμβάλετε μεταξύ πομπού και αντικειμένου κάποιος μηχανισμός. Ο μηχανισμός αυτός αποτελείται από τέσσερις (4) διαφορετικές διατάξεις, όπου κάθε διάταξη δημιουργεί τα αντίστοιχα αποτελέσματα μοτίβων σημείων μέτρησης επάνω στο αντικείμενο, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 25: Μηχανισμοί σάρωσης και αντίστοιχα αποτελέσματα μοτίβων

Στη συνέχεια δίνεται μια σύντομη επεξήγηση για κάθε έναν μηχανισμό ξεχωριστά.

Ταλαντευόμενος καθρέφτης: Ο μηχανισμός αυτός κατευθύνει το παλμό “laser” σε τη διαδρομή του καθρέφτη(δεξιόστροφα-αριστερόστροφα) η οποία μεταβάλλεται συνεχώς προκαλώντας μία γωνία σάρωσης από 0° - 75° . Ουσιαστικά, λαμβάνει μετρήσεις και από τις δύο κατευθύνσεις κίνησής του. Κυρίως, χρησιμοποιείται σε αερομεταφερόμενα συστήματα και το ύψος πτήσης πρέπει να κυμαίνεται από 100-6.000m. Όσον αφορά το αποτύπωμα στο έδαφος, θυμίζει ημιτονοειδής ταλάντωση. Οι αποστάσεις όμως των σημείων μεταξύ τους σε αυτό δεν είναι σταθερές κατά μήκος της ταλάντωσης, εξαιτίας της διαφοροποίησης ταχύτητας του καθρέφτη κατά την εναλλαγή της κατεύθυνσής του. Αυτό μπορεί εύκολα να ρυθμιστεί μέσω της ταχύτητας, έτσι ώστε όλα τα σημεία να ισαπέχουν, κάτι το οποίο προτιμάται στις περισσότερες εφαρμογές. Μεταξύ άλλων, μπορεί να ρυθμιστεί και η συχνότητα σάρωσης, η οποία ποικίλει από 0-100Hz επηρεάζοντας έτσι την πυκνότητα των μετρήσεων.

Περιστρεφόμενος πολυγωνικός καθρέφτης: Σε αυτό το μηχανισμό οι μετρήσεις λαμβάνονται κατά μία κατεύθυνση σάρωσης και τα σημεία στο μοτίβο μεταξύ τους είναι κατανομημένα ομοιόμορφα οριζόντια και κάθετα. Κατά κύριο λόγο, και ο μηχανισμός περιστρεφόμενου πολυγωνικού καθρέφτη βρίσκει εφαρμογή στα αερομεταφερόμενα συστήματα σάρωσης. Έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν με γωνίες σάρωσης από 30° - 60° .

Σάρωση τύπου “Palmer”: Στη διάταξη αυτή, λόγω του σχεδιασμού της ο άξονας περιστροφής του καθρέφτη με το επίπεδο επιφάνειας του διαγράφουν μια γωνία κλίσης διάφορη των 90° . Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα κατά την πραγματοποίηση σαρώσεων, να δημιουργείται ένα ελλειπτικό μοτίβο στην προσπίπτουσα επιφάνεια σάρωσης αφήνοντας ανοιχτό και το ενδεχόμενο να πραγματοποιηθούν διπλές μετρήσεις πάνω σε ίδιο σημείο. Το συγκεκριμένο γεγονός μπορεί να επιδράσει και θετικά στην όλη διαδικασία, διότι μειώνονται πιθανόν σκιασμένες περιοχές για τις οποίες δεν λήφθηκαν μετρήσεις κατά την πρώτη φορά σάρωσης τους. Τέλος, σε αντίθετη περίπτωση με τους δύο προηγούμενους μηχανισμούς, η σάρωση τέτοιας διάταξης χρησιμοποιείται κυρίως σε επίγειους σαρωτές, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει πως δεν χρησιμοποιείται και από τους εναέριους.

Σάρωση μέσω γυάλινου φακού: Σε αυτή την περίπτωση, ο μηχανισμός αποτελείται από ένα πολυκρυσταλλικό γυάλινο φακό και έναν σταθερό καθρέφτη υπό γωνία. Η δέσμη “laser” τροφοδοτείται μέσω του καθρέφτη στους κρυστάλλους, διαπερνώντας τους και δημιουργώντας μοτίβο με πολλαπλά σημεία, σε γραμμική διάταξη και ομοιόμορφα κατανεμημένα. Μια τυπική διαμόρφωση του μηχανισμού είναι: γωνία καθρέφτη ίση με 14° και περίπου 128 κρύσταλλοι. Χρησιμοποιείται και στους επίγειους αλλά και στους αερομεταφερόμενους σαρωτές. Ως βασικό πλεονέκτημα είναι το γεγονός πως είναι μια εξαιρετικά σταθερή διάταξη μιας και δεν αποτελείται από κινούμενα μέρη.

Ολοκληρώνοντας, κάθε ένας μηχανισμός βρίσκει εφαρμογή σε διαφορετικές περιπτώσεις ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες και απαιτήσεις. (Vosselman & Mass, 2010)

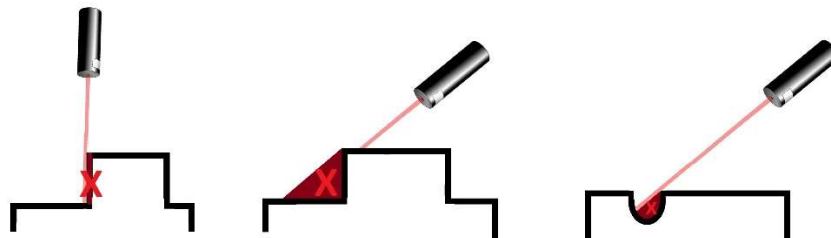
1.11 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Για την πραγματοποίηση μιας επιτυχημένης τρισδιάστατης σάρωσης πριν την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, απαραίτητο είναι να ληφθούν υπόψιν διάφοροι παράμετροι οι οποίοι έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην τελική μορφή του “3D” ψηφιακού μοντέλου. Συγκρίνοντας τις δύο μεγάλες κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται οι μέθοδοι σάρωσης, την σάρωση με επαφή και την σάρωση χωρίς επαφή διακρίνονται κάποια από τα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα όπως φαίνονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1.1: Κοριότερα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα των μεθόδων σάρωσης με και χωρίς επαφή

ΣΑΡΩΣΗ ΜΕ ΕΠΑΦΗ	ΣΑΡΩΣΗ ΧΩΡΙΣ ΕΠΑΦΗ
✓ Χαμηλή ταχύτητα ανάκτησης “3D” δεδομένων	✓ Υψηλή ταχύτητα ανάκτησης “3D” δεδομένων
✓ Απαιτήση εξειδικευμένου προσωπικού	✓ Ευκολία χρήσης
✓ Δυνατότητα αποτύπωσης οπών και εσοχών	✓ Φορητότητα εξοπλισμού
✓ Υψηλή ακρίβεια με εύρος +0.01 – 0.02 mm	✓ Καλή ακρίβεια $\pm 0.025 - 0.2$ mm
✓ Αδυναμία αποτύπωσης διαφάνειας και χρώματος	✓ Δυνατότητα αποτύπωσης χρώματος
✓ Παραμόρφωση εύπλαστων αντικειμένων	✓ Ευαίσθητο σε επιφάνειες με μεγάλη αντανάκλαση
✓ Σημαντικός παράγοντας το ανθρώπινο σφάλμα	✓ Ευαίσθητο στις συνθήκες φωτισμού

Κάποια άλλη παράμετρος στους σαρωτές χωρίς επαφή με χρήση “laser” που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι η αδυναμία αποτύπωσης κάποιων σημείων σε περίπλοκες επιφάνειες. Για παράδειγμα όταν η δέσμη του “laser” είναι παράλληλη προς μια επιφάνεια είτε μια προεξοχή παρεμποδίζει την δέσμη στην μέτρηση επιφάνειας πίσω από αυτήν είτε υπάρχουν μεγάλες οπές, έχει σαν αποτέλεσμα να μην είναι εφικτά κάποια σημεία να αποτυπωθούν έχοντας μια ελλιπής τελική μορφή μοντέλου.



Εικόνα 26: Πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι σαρωτές χωρίς επαφή με χρήση “laser”

Έτσι, ανάλογα με την διαμόρφωση της επιφάνειας του αντικειμένου και προκειμένου να λυθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα απαιτούνται πολλαπλές σαρώσεις από διάφορες γωνίες το οποίο συμβάλει στην παράταση του συνολικού χρόνου σάρωσης. Οι λαμπερές επιφάνειες που έχουν ορισμένα αντικείμενα έχουν σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται σφάλματα στις μετρήσεις κάνοντας χρήση σαρωτών μη επαφής. Όμως υπάρχει μια προεργασία του αντικειμένου χρησιμοποιώντας πούδρα επάνω στην επιφάνεια του με σκοπό της μείωσης της αντανάκλαστικότητάς τους και κατά συνέπεια των σφαλμάτων μέτρησης.

Κατά καιρούς βρίσκονται διάφορες λύσεις με σκοπό την βελτίωση και εξάλειψη των προβλημάτων που παρουσιάζονται ιδίως στους σαρωτές μη επαφής γι' αυτό και οι σαρωτές επαφής τείνουν να αντικατασταθούν από αυτούς καθώς επίσης καθιστούν την διαδικασία σάρωσης χρονοβόρα, δύσχρηστη και δαπανηρή.

Όσον αφορά τους σαρωτές μη επαφής και συγκεκριμένα τις τεχνολογίες των ενεργών σαρωτών δομημένου φωτός και "laser" παρουσιάζουν και αυτές κάποια προτερήματα-μειονεκτήματα που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν.

Έτσι λοιπόν, τα συστήματα αυτά μπορούν να συγκριθούν βασιζόμενοι στην τεχνολογία τους, την ταχύτητα τους και τις συνθήκες φωτισμού.

- ❖ Ξεκινώντας από την **τεχνολογία** τους, οι σαρωτές "laser" εκπέμπουν μια δέσμη η οποία περνάει μια φορά από κάθε σημείο σαρώνοντας το πεδίο σε αντίθεση με τους σαρωτές δομημένου φωτός των οποίων το μοτίβο που εκπέμπεται είναι συνεχές (με διαφορετικό πλάτος και φάση) λαμβάνοντας έτσι πολλαπλές μετρήσεις του ίδιου σημείου πετυχαίνοντας μεγαλύτερη ακρίβεια των μετρήσεων.
- ❖ Όσον αφορά την **ταχύτητά** τους, υπερτερούν οι σαρωτές "laser" με μεγάλη διαφορά παρ' όλα αυτά τελευταία με την εξέλιξη της τεχνολογίας, όπως για παράδειγμα των καμερών και των ηλεκτρονικών που διαθέτουν οι σαρωτές, είναι ικανή η διαφορά αυτή να μειωθεί έως και να εξαλειφθεί.
- ❖ Σχετικά με τις **συνθήκες φωτισμού**, στους σαρωτές "laser" μεταβάλλοντας την ένταση της δέσμης υπερνικάτε τυχόν εξωτερικός φωτισμός ενώ στους σαρωτές δομημένου φωτός επιδρά αρνητικά ο φωτισμός αυτός χωρίς να είναι δυνατή η διαφυγή σε κάποια τεχνική προκειμένου να υπερνικηθεί.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα κάθε τεχνολογίας. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης, Οκτώβριος 2014)

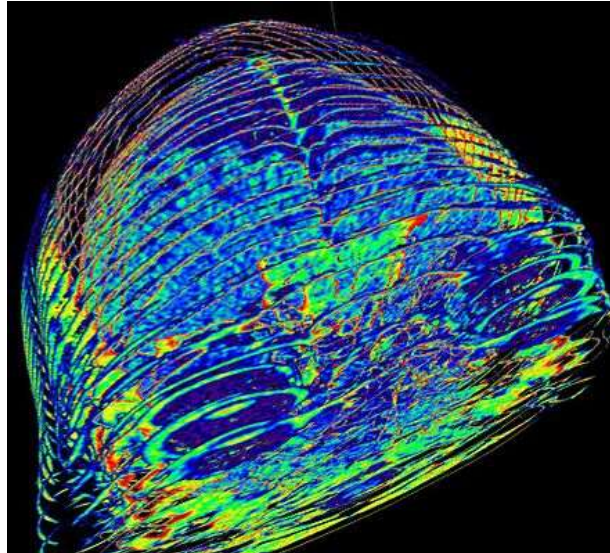
Πίνακας 1.2: Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα σαρωτών “laser” και δομημένου φωτός

	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
“3D LASER SCANNERS”	Χρήση σχεδόν σε οποιαδήποτε κατάσταση φωτισμού.	Υπάρχουν περιορισμοί σε σχέση με την ανάλυση και την ακρίβεια.
	Σάρωση αντικειμένων ανεξαρτήτως χρώματος, υλικού και λάμψης.	Απαιτήση μέτρων ατομικής προστασίας για τα μάτια λόγω της επιβλαβούς ακτίνας “laser”.
	Εξαιρετική ανάλυση λεπτομερών χαρακτηριστικών (ρωγμές, φθορές κ.α.)	
“STRUCTURED LIGHT SCANNERS”	Καλή ακρίβεια.	Μεγάλη ευαισθησία στις συνθήκες φωτισμού.
	Μεγάλη ταχύτητα σε σαρώσεις απλών αντικειμένων.	Αδυναμία εφαρμογής σε γυαλιστερές επιφάνειες.
	Ασφαλής για τα μάτια.	Αργή αποτύπωση αντικειμένων με περίπλοκη γεωμετρία.

1.12 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΑΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Αμέσως μετά την ανάκτηση δεδομένων, σημαντικό βήμα στην αντίστροφη μηχανική είναι η ανάλυση και η επεξεργασία τους. Τα δεδομένα αυτά ανάλογα με τα μέσα από τα οποία λήφθηκαν, αναπαριστούν το μοντέλο ή μέρος αυτού με δύο διαφορετικές τεχνικές απεικόνισης, μέσω ενός σετ δισδιάστατων “2D” φετών ή μέσω νέφους σημείων.

Σετ “2D” φετών παρέχουν κυρίως ιατρικά συστήματα όπως το “CT” (“Computer Tomography”, Αξονική Τομογραφία) & το “MRI” (“Magnetic Resonance Imaging”, Μαγνητική Τομογραφία) που χρησιμοποιούν μεταβατικές τεχνικές, τα οποία όμως δεν απασχολούν την διαδικασία της αντίστροφης μηχανικής στην επιστήμη της μηχανολογίας. Ενώ από την άλλη πλευρά, νέφος σημείων δίνουν οι υπόλοιπες και πιο διαδεδομένες τεχνικές όπως για παράδειγμα προσδιορισμός χρόνου πορείας, τριγωνισμός κ.α.



Εικόνα 27: Ανασυγκρότηση μοντέλου εγκεφάλου και ματιών μέσω δεδομένων της μορφής “2D” φετών.

Στη συνέχεια, λαμβάνονται τα πρωτογενή δεδομένα και οι διαδικασίες επεξεργασίας τους ολοκληρώνονται μέσω κατάλληλων λογισμικών. Οι επεξεργασίες αυτές έχουν κυρίως σημασία μόνο στην περίπτωση της σάρωσης με συσκευές χωρίς επαφή όπου εκεί τα δεδομένα είναι αδόμητα (νέφος σημείων). Μετά το πέρας των διαδικασιών επεξεργασίας, ανασυγκροτείται το τελικό επιθυμητό “3D” μοντέλο με τεχνικές που ποικίλουν από πλήρως αυτόματες έως και τεχνικές που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον χρήστη, ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε περίπτωσης. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης, Οκτώβριος 2014) (Wego, 2011) (Vinesh & Kiran, October 2009)

1.12.1 ΝΕΦΟΣ ΣΗΜΕΙΩΝ

Ως νέφος σημείων (“point cloud”) ορίζεται ένα σύνολο από σημεία ή συντεταγμένες δεδομένων, τα οποία αποτυπώνουν ένα ή περισσότερα σύννεφα-συμπλέγματα και κατ’ επέκταση το αντικείμενο ενδιαφέροντος. Στην παρακάτω φωτογραφία απεικονίζεται ένα νέφος σημείων κάποιου χώρου αμέσως μετά την σάρωση.

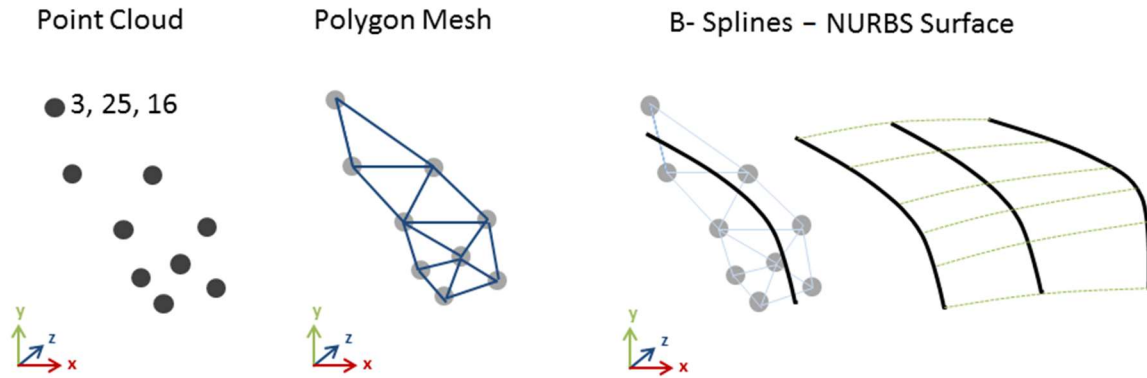


Εικόνα 28: Νέφος σημείων χώρου

Σε κάποιες εφαρμογές της μηχανικής τα νέφη αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα όπως για παράδειγμα στην επιστήμη της αρχιτεκτονικής ή σε δευτερεύουσες κατασκευές. Αναφορικά με τον όρο δευτερεύουσες κατασκευές ερμηνεύονται οι κατασκευές που λαμβάνουν χώρα εντός του αποτυπωμένου χώρου του νέφους σημείων, όπου δεν είναι τόσο σημαντική η υφή της επιφάνειας σάρωσης αλλά το νέφος χρησιμοποιείται παρά μόνο για λόγους χωροταξικούς. Για παράδειγμα ο σχεδιασμός κατασκευής ενός επίπλου εντός σαρωμένου δωματίου το οποίο αποτυπώνεται σε νέφος σημείων. Από την άλλη πλευρά, τα νέφη σημείων στις περισσότερες εφαρμογές απαιτούν μια σειρά φάσεων για την επεξεργασία τους μέχρι να μετατραπούν στην κατάλληλη μορφή, έτσι ώστε να γίνει ο σχεδιασμός, η μοντελοποίηση και η μέτρηση. Οι φάσεις στις οποίες χωρίζεται η επεξεργασία των δεδομένων σάρωσης είναι:

- Επεξεργασία νέφους σημείων (“Point Cloud”)
- Δημιουργία και επεξεργασία του πολυγωνικού πλέγματος (“Polygon Mesh”)
- Δημιουργία και επεξεργασία καμπυλών και επιφανειών (“B-Splines - NURBS Surface”)

(Dr. Mostafa, October 2011) (Wego , 2011)

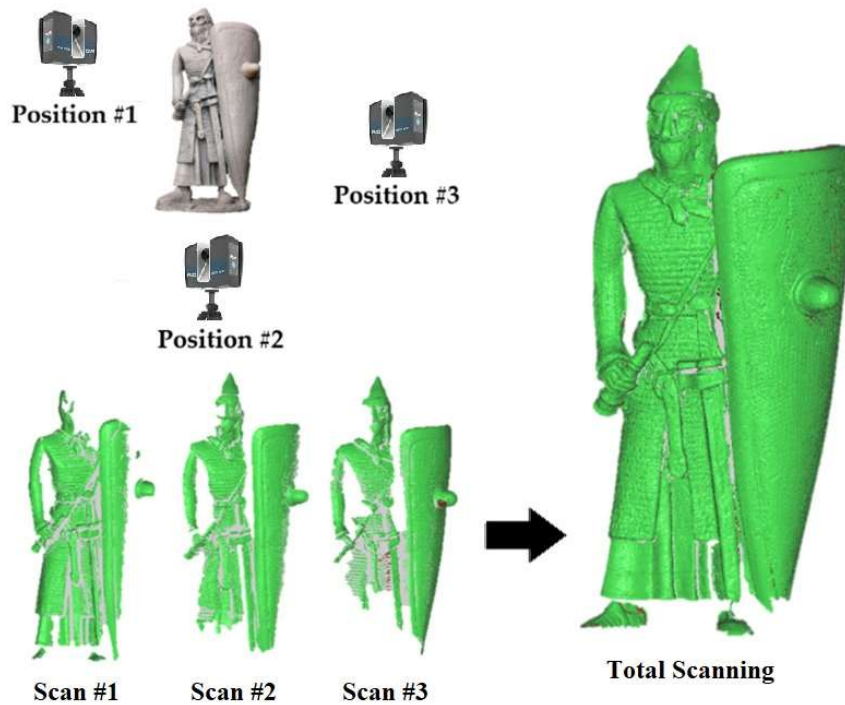


Εικόνα 29: Οι τρεις (3) φάσεις επεξεργασίας των δεδομένων σάρωσης

1.12.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΦΟΥΣ ΣΗΜΕΙΩΝ

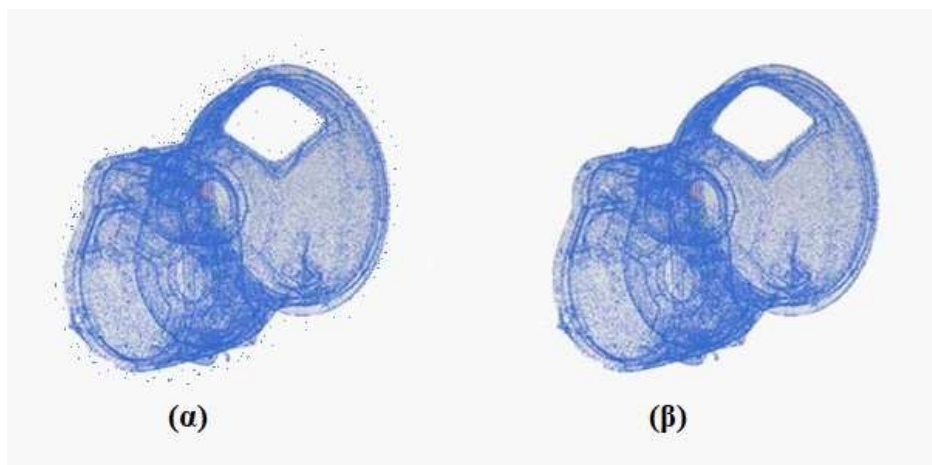
Σε αυτό το στάδιο η ένωση των νεφών σημείων και η βελτιστοποίηση των δεδομένων είναι οι βασικές λειτουργίες.

Οι πολλαπλές σαρώσεις που μπορεί να απαιτηθούν προκειμένου να καταγραφεί ολοκληρωτικά η γεωμετρία ενός αντικειμένου αποφέρουν στα νέφη σημείων περαιτέρω επεξεργασία. Συγκεκριμένα, σχεδόν πάντοτε είναι αναγκαίο να ληφθούν πολλαπλές σαρώσεις, από νέες θέσεις λήψεων που τοποθετείται ο σαρωτής, είτε αυτό γίνεται εξαιτίας του μεγέθους και της μορφολογίας του αντικειμένου ενδιαφέροντος, είτε λόγω περιοχών οι οποίες είναι μη ορατές όπως για παράδειγμα το σημείο στήριξης του. Έτσι, η διεργασία αυτή έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργεί κατά το πέρας της πολλαπλά νέφη σημείων. Στη συνέχεια αυτά θα πρέπει να συνδυαστούν βασιζόμενα σε κοινά σημεία, να ευθυγραμμιστούν προσανατολίζοντάς τα με ακρίβεια στα αντίστοιχα νέφη και τελικά να συγχωνευτούν δημιουργώντας το συνολικό νέφος σημείων του αντικειμένου.



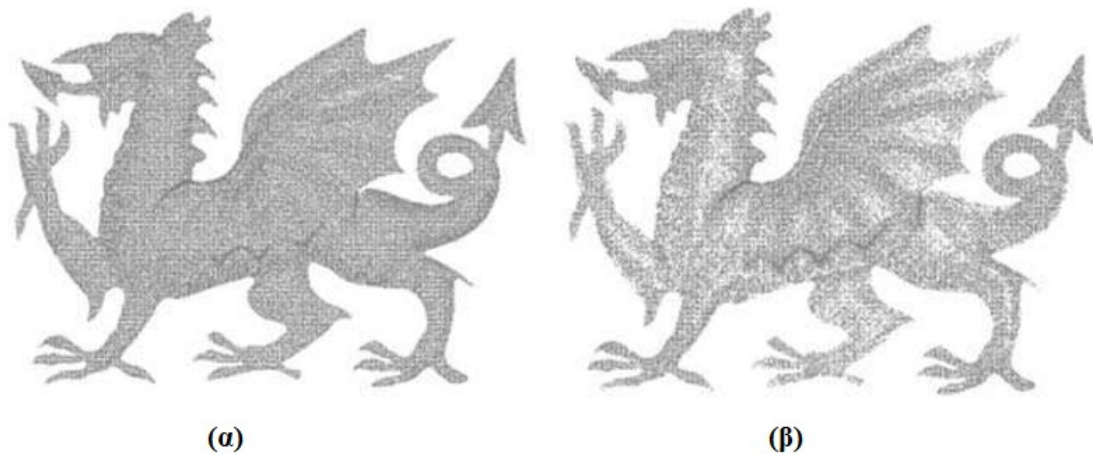
Εικόνα 30: Περιφερειακή σάρωση μοντέλου από τρία διαφορετικά σημεία και ένωση των δεδομένων κάθε σάρωσης.

Από την άλλη πλευρά, σε κάθε σάρωση τα νέφη σημείων παρουσιάζουν κάποια σφάλματα τα οποία πρέπει να βελτιωθούν. Ουσιαστικά, προκύπτουν σημεία στο νέφος τα οποία δεν αντιστοιχούν στο αντικείμενο ή σημεία σε ανεπιθύμητες θέσεις ή και επικαλύψεις σημείων που προκύπτουν από την ένωση των νεφών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, τα σημεία αυτά να πρέπει να διαγραφούν, μειώνοντας έτσι το “θόρυβο” της εικόνας και εξαλείφοντας περιττές ακμές. Η διεργασία αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί χειροκίνητα ή αυτόματα, ανάλογα με την πολυπλοκότητα και την σοβαρότητα της κατάστασης.



Εικόνα 31: Νέφος Σημείων μοντέλου πριν (α) και μετά (β) την μείωση “θορύβου”.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου τα δεδομένα σάρωσης αποτελούνται από αρκετά μεγάλο αριθμό σημείων στο νέφος. Σε αυτή την περίπτωση, τα επιπλέον σημεία ανάλογα με την εκάστοτε απαιτούμενη ακρίβεια θα πρέπει να μειωθούν κάνοντας έτσι τα υπολειπόμενα σημεία πιο δομημένα και βοηθώντας τον χρήστη να τα διαχειρίζεται ευκολότερα. Για να ρυθμιστεί η μείωση των σημείων καθορίζεται είτε η ζητούμενη απόσταση που θα πρέπει να έχει κάθε σημείο από τα άλλα, είτε ο συνολικός επιθυμητός αριθμός των σημείων στο νέφος. Δεν πρέπει να παραληφθεί να λαμβάνονται υπόψιν και να διατηρούνται τα σημεία που παρουσιάζουν αυξημένη καμπυλότητα. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης, Οκτώβριος 2014) (Vinesh & Kiran, October 2009)

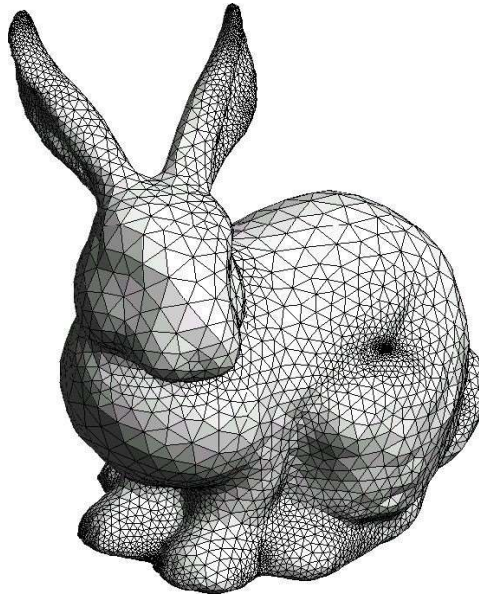


Εικόνα 32: Νέφος Σημείων μοντέλου πριν (α) και μετά (β) την μείωση συνολικού αριθμού σημείων στο νέφος.

1.12.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

Το αποτέλεσμα του προηγούμενου σταδίου οδηγεί στην κατασκευή μοντέλου πολυγωνικού πλέγματος ή αλλιώς “Polygon Mesh”. Πολυγωνικό πλέγμα ορίζεται η προσέγγιση επιφανειών και άλλων γεωμετρικών χαρακτηριστικών σε μια κυρτή επιφάνεια αποτελούμενη από πολλές μικρότερες επιφάνειες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι μια σφαίρα η οποία μπορεί να απεικονιστεί σε πολυγωνικό μοντέλο σαν μια μπάλα “disco”. Ένα πολύγωνο αποτελείται από κορυφές, ακμές και

επίπεδες επιφάνειες ή αλλιώς έδρες. Αυτά είναι τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν το πολυεδρικό σχήμα και απαρτίζουν το πλέγμα ενός αντικειμένου.



Εικόνα 33: Πολυγωνικό πλέγμα μοντέλου.

Για την δημιουργία και επεξεργασία του πολυγωνικού πλέγματος απαιτείται να προηγηθεί μία σειρά φάσεων. Αυτές οι φάσεις είναι: η μετατροπή νέφους σημείων σε πολυγωνικό πλέγμα, η μείωση αριθμού επίπεδων επιφανειών, η εξομάλυνση, το κλείσιμο πιθανόν οπών και τέλος η διόρθωση του πλέγματος.

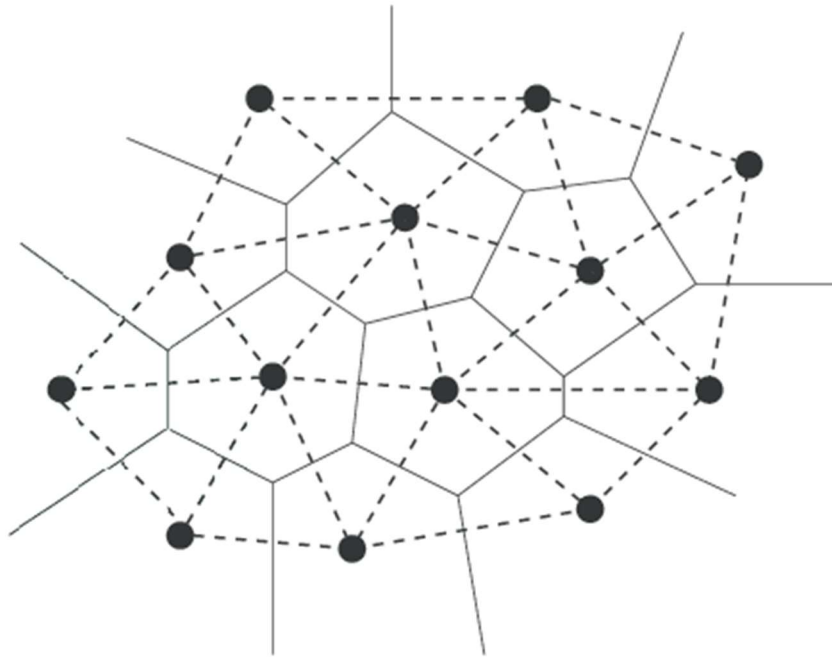
Σαν πρώτη φάση είναι η μετατροπή του νέφους σημείων σε πολυγωνικό πλέγμα. Υπάρχουν αρκετοί μέθοδοι αλλά οι κυριότεροι είναι οι εξής:

- **Μέθοδος τριγωνισμού “De-Launay”.** Στην μέθοδο αυτή ουσιαστικά ενώνονται τα σημεία του νέφους μεταξύ τους με ευθείες γραμμές δημιουργώντας στο εσωτερικό τους τριγωνικές έδρες. Τα τρίγωνα είναι οι πιο διαδεδομένη τεχνική στην τρισδιάστατη αναπαράσταση. Κάθε κορυφή του τριγώνου έχει συντεταγμένες X, Y, Z προσδιορίζοντας πλήρως τη θέση του στο χώρο, από τις οποίες μπορούν εύκολα να υπολογιστούν και οι ακμές του.

- **Διαγράμματα “Voronoi”.** Τα διαγράμματα “Voronoi” απαρτίζονται από πολυγωνικές επιφάνειες και σημεία. Οι επιφάνειες αυτές είναι κατανεμημένες στο χώρο μιας μεγαλύτερης

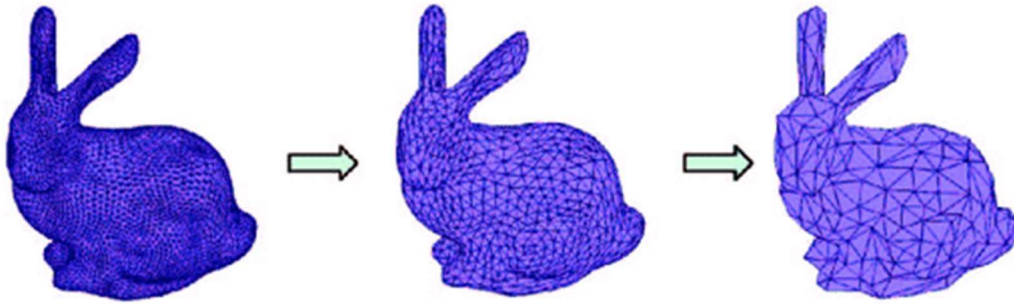
επιφάνειας, των οποίων η θέση και οι αποστάσεις τους ορίζονται από το σημείο που βρίσκεται στο εσωτερικό τους. Κάθε ένα σημείο αντιστοιχεί σε μία πολυγωνική επιφάνεια η οποία περικλείεται γύρω του

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο συνδυασμός των δύο κυριότερων μεθόδων ο οποίος συσχετίζεται μιας και σχεδιαστικά η μια μέθοδος μπορεί να δημιουργηθεί από την άλλη (σχεδίαση μεσοκαθέτου των ακμών).



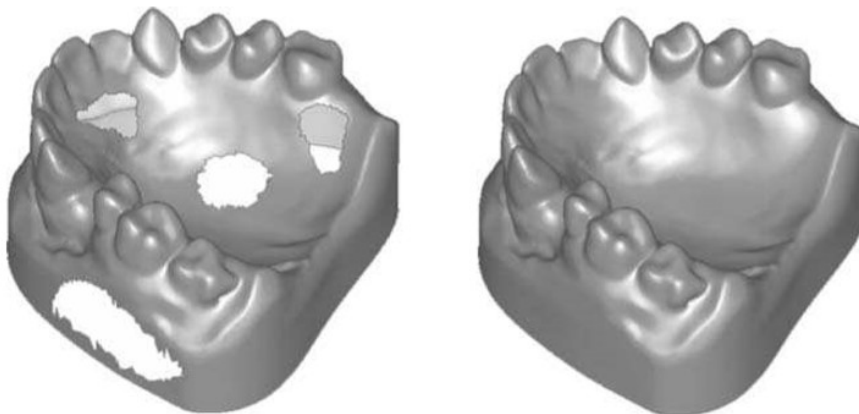
Εικόνα 34: Συνδυασμός μεθόδου τριγωνισμού “De-Launay” (διακεκομμένη γραμμή) και διαγράμματος “Voronoi” (συνεχής γραμμή).

Στις επόμενες φάσεις και εφόσον έχει δημιουργηθεί το πολυγωνικό πλέγμα απαραίτητος είναι ο προσδιορισμός του αριθμού των πολυγώνων-τριγώνων μέσα σε αυτό (προσθήκη-αφαίρεση), ο οποίος γίνεται ανάλογα με της απαιτήσεις κάθε περίπτωσης. Πιο συγκεκριμένα, όσο περισσότερα πολύγωνα βρίσκονται στο πλέγμα, τόσο καλύτερη απεικόνιση των καμπυλών του μοντέλου παρουσιάζεται, όμως μειονεκτεί στο γεγονός ότι αυξάνοντας τα πολύγωνα αυξάνεται και το μέγεθος του αρχείου εξαγωγής. Όπως γίνεται αντιληπτό, θα πρέπει να βρεθεί η βέλτιστη αναλογία μεταξύ αυτών των παραμέτρων έτσι ώστε εξισορροπώντας τα να δημιουργηθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.



Εικόνα 35: Αφαίρεση τριγώνων στο πλέγμα μοντέλου.

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η εξομάλυνση του πολυγωνικού πλέγματος, εξαλείφοντας ανεπιθύμητες κορυφές που θα έχουν παραπλανητικό χαρακτήρα στην επιφάνεια του τελικού μοντέλου σε σχέση με το πραγματικό αντικείμενο. Ακόμα, πιθανόν σπές που δημιουργούνται από σφάλματα κατά το συνδυασμό νεφών σημείων, είναι απαραίτητο να κλειστούν, διατηρώντας την καμπυλότητα και μια ομαλή συνεχής επιφάνεια. Ολοκληρώνοντας, γίνονται και οι τελικές μικροδιορθώσεις του πλέγματος που μπορεί να είναι απαραίτητες.



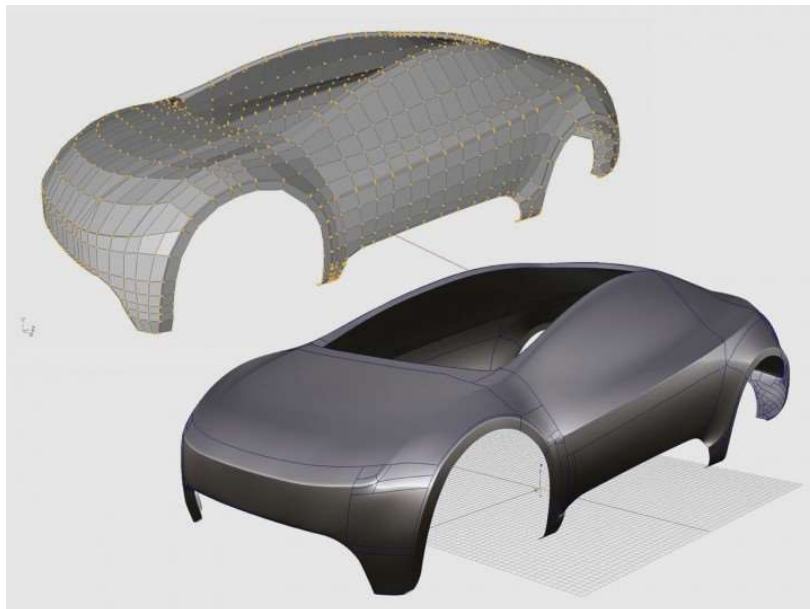
Εικόνα 36: Μοντέλο πριν και μετά από τη διαδικασία κλεισίματος υπάρχων οπών.

Όσο αναφορά την εκτέλεση των διεργασιών αυτών, μπορούν να πραγματοποιηθούν χειροκίνητα όμως τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται λογισμικά που αυτοματοποιούν τις διεργασίες αυτές. Έτσι, στην περίπτωση χρήσης λογισμικών, θα πρέπει ο χρήστης να έχει πλήρη γνώση των φίλτρων επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να είναι σε θέση να το χειριστεί και το αποτέλεσμα να ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο πραγματικό σαρωμένο αντικείμενο.

Τέλος, σημαντικό να αναφερθεί είναι το γεγονός πως ένα πολυγωνικό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα σε κάποιες εφαρμογές χωρίς περαιτέρω επεξεργασία(που στις περισσότερες εφαρμογές ακολουθεί), όπως για παράδειγμα σε δημιουργία γρήγορων προτύπων χωρίς υψηλές απαιτήσεις μορφής της επιφάνειας του αντικειμένου ή σε κατασκευή κινουμένων σχεδίων. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης , Οκτώβριος 2014) (Dr. Mostafa, October 2011) (Wego , 2011) (Vinesh & Kiran, October 2009) (Sen, 2009)

1.12.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Σε αυτή την φάση, προκειμένου τα δεδομένα να εξαχθούν σε σύστημα CAD είναι απαραίτητη η περαιτέρω επεξεργασία του πολυγωνικού πλέγματος μετατρέποντας το σε μια ομοιόμορφη και ομαλή επιφάνεια. Πιο συγκεκριμένα, το πολυγωνικό πλέγμα μετατρέπεται σε καμπύλες (“B-Splines”) που προσεγγίζουν όσο το δυνατόν καλύτερα τη μορφολογία του εκάστοτε μοντέλου διαμορφώνοντας έτσι τις εξελιγμένες πλέον καμπύλες σε “NURBS” (“Non-Uniform Rational B-Splines”) επιφάνειες. “NURBS” ουσιαστικά ορίζονται τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται σε γραφικά υπολογιστών με σκοπό την απεικόνιση και αναπαράσταση επιφανειών. Γενικά, το αρχείο επιφανειών που θα εξαχθεί μπορεί να είναι της μορφής VDA-FS, ISO G-CODE, STL, IGES, VRML και άλλες.



Εικόνα 37: Μετατροπή μοντέλου πολυγωνικού πλέγματος σε μοντέλο επιφανειών “NURBS”.

Η δημιουργία των επιφανειών “NURBS” μπορεί να γίνει και αυτόματα μέσω των λογισμικών όμως είναι πρακτικά μια μη διαχειρίσιμη διεργασία. Γι’ αυτό, πολλές φορές απαραίτητη είναι η

υποβοήθησή της. Έτσι, ο χρήστης διασπώντας το μοντέλο σε περιοχές, μπορεί να προσαρμόσει καλύτερα τις καμπύλες μικρότερων επιφανειών πλέον, κάτι το οποίο φέρνει συνήθως πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στη συνέχεια, ενώνοντας και πάλι τις περιοχές αυτές απαραίτητη είναι η τελική και λεπτομερής εξέταση της ολικής επιφανείας. Τέλος, το εξαγόμενο ψηφιακό μοντέλο από την άποψη της μηχανικής, αναπαριστάτε ως ένα επεξεργάσιμο και παραμετρικό μοντέλο CAD. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης, Οκτώβριος 2014) (Vinesh & Kiran, October 2009) (Dr. Mostafa, October 2011)

1.13 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Προκειμένου να στεφθεί με επιτυχία μια ολοκληρωμένη διαδικασία σάρωσης απαραίτητη είναι η χρήση κατάλληλων λογισμικών. Τα λογισμικά αυτά, είναι υπεύθυνα για την αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που ανακτήθηκαν μέσω των σαρωτών, αλλά και για την προβολή των αποτελεσμάτων τους. Χειρίζονται κυρίως μεγάλα σύνολα δεδομένων και πολλές φορές για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η προσθήκη των λεγόμενων “plug-ins” τα οποία προσθέτουν στο βασικό λογισμικό πρόσθετες ιδιαίτερες δυνατότητες. Από αυτά, γίνεται κατανοητό πως τα λογισμικά θεωρούνται ως ένα αναπόσπαστο κομμάτι στην αντίστροφη μηχανική.

Κανένα λογισμικό δεν μπορεί εξασφαλίσει την κάλυψη όλων των αναγκών επεξεργασίας δεδομένων, γι’ αυτό και θα πρέπει να επιλέγεται κάθε φορά παραπάνω από ένα ανάλογα με την εφαρμογή. Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται τα εμπορικά πακέτα λογισμικών που χρησιμοποιούνται ευρέως και είναι ταξινομημένα σύμφωνα με τις εφαρμογές τους:

Πίνακας 1.3: Ταξινόμηση λογισμικών σύμφωνα με τις εφαρμογές τους

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	ΚΥΡΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ	ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ
Έλεγχος αντικειμένου ενδιαφέροντος	Ελέγχεται το αντικείμενο ενδιαφέροντος και παρέχονται βασικές λειτουργίες επεξεργασίας δεδομένων	Mitutoyo Cosmos, Hymarc, Metris Scan, Cyberware CyDir και GSI Crystal Studio
Χειρισμός οντότητας “CAD”	Χειρισμός οντότητας “CAD” που εξάγεται από νέφος σημείων και πλέγμα πολυγώνων	ICEM surf, Imageware and other common CAD packages such as UG, Pro Engineer και Solidworks
Πολλαπλασιασμός των πολυγώνων	Επεξεργασία, τροποποίηση και βελτιστοποίηση δεδομένων πολυγώνων “3D”	Magics RP, DeskArtes, Catia Shape Sculptor και Viscam RP.
Κατασκευή επιφανειών πολυγώνου και “NURBS”	Πλήρες σύνολο επεξεργασίας δεδομένων από νέφος σημείων και πολύγωνα για την κατασκευή “NURBS” επιφανειών.	GSI Studio, CopyCAD, Rapidform, Geomagics, Polyworks (Modeler) και Paraform
Επεξεργασία δισδιάστατης σαρωμένης εικόνας και “3D” μοντελοποίηση	Χρησιμοποιείται κυρίως σε συστήματα σάρωσης (“CT/MRI”)	Mimics, Rapidform, BioBuild, Velocity2, Amira, Scan IP, Analyze και 3-D Doctors.
Τρισδιάστατη επιθεώρηση	Πραγματοποίηση ελέγχου για σφάλματα	COMETinspect, Metris Focus Inspection, Power INSPECT, PolyWorks Inspector και Geomagic Qualify.
Επιφάνειες “NURBS” και στέρεα μοντελοποίηση	Παρέχονται εργαλεία μοντελοποίησης και επεξεργασίας επιφανειών “NURBS” βασισμένα σε οντότητες “CAD”	Pro Engineers, UG, Solidworks, Catia και Rhino

(Vinesh & Kiran, October 2009) (Wego , 2011)

1.14 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΤΑΙΡΙΩΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Υπάρχουν αρκετές εταιρίες στην Ελλάδα εκ των οποίων κάποιες έχουν μικρό φάσμα εφαρμογών ενώ άλλες ένα πιο ευρύ φάσμα. Κάποιες από αυτές είναι η «METRICA», η «HELLASPROTOTYPING», η «PROTOTYPA», η «HELLAS 3D» και άλλες. Οι εταιρίες αυτές συνεργάζονται κυρίως με :

- ✓ Εταιρίες μηχανικού εξοπλισμού
- ✓ Εταιρίες ιατρικών εργαλείων
- ✓ Βιομηχανίες επίπλων
- ✓ Εταιρίες σχεδιασμού και παραγωγής παιχνιδιών
- ✓ Αρχιτέκτονες
- ✓ Εργοστάσια ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών στοιχείων
- ✓ Βιομηχανία αυτοκινήτων
- ✓ Βιομηχανία ναυτιλίας
- ✓ Μουσεία
- ✓ Κατασκευαστικές και τεχνικές εταιρίες
- ✓ Στρατιωτική βιομηχανία εξοπλισμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: BALLAST WATER TREATMENT

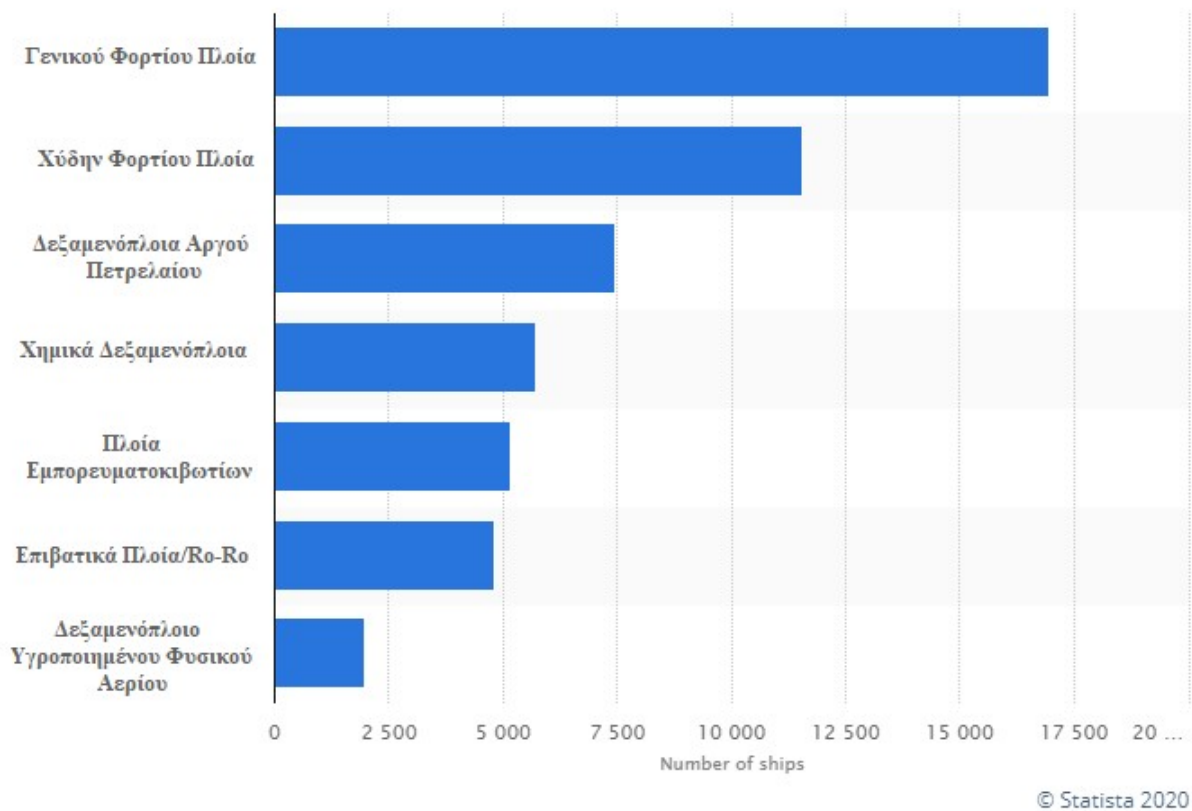
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το υδάτινο έρμα (“Ballast Water”) αποτελεί από το 1880 σημαντικό μέρος των πλοίων, για την διατήρηση της ισορροπίας και της σταθερότητάς τους. Ουσιαστικά, είναι υπεύθυνο για την διατήρηση των ασφαλών συνθηκών λειτουργίας του πλοίου σε όλο το ταξίδι. Αυτό, επιτυγχάνεται με την εισαγωγή και εξαγωγή θαλασσινού νερού σε ειδικά διαμορφωμένες δεξαμενές με την βοήθεια αντλιών. Η ποσότητα του συγκεκριμένου νερού εξαρτάται εξ’ ολοκλήρου από το εκάστοτε φορτίο του πλοίου και ρυθμίζεται έτσι ώστε να το κρατάει το πλοίο σε επιθυμητό βύθισμα. Εφαρμόζεται κυρίως σε φορτηγά πλοία, μιας και παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις στο βύθισμά τους κατά την φόρτωση και εκφόρτωσή τους.



Εικόνα 38: Σχεδιάγραμμα τομής φορτηγού πλοίου.

Αναφορικά, στο παρακάτω γράφημα φαίνεται ο αριθμός του παγκόσμιου εμπορικού στόλου των πλοίων χωρισμένα ανάλογα τον τύπο τους.



Εικόνα 39: Γράφημα αριθμού παγκόσμιου εμπορικού στόλου πλοίων χωρισμένα ανάλογα με τον τύπο τους.

Όμως, παρά την σημαντική βοήθεια που παρέχει στην ασφαλή και ομαλή πραγματοποίηση των ταξιδιών τους, παρουσιάζεται ταυτόχρονα και ένα σημαντικό πρόβλημα κατά τον ερματισμό/μεταφορά/αφερματισμό του υδάτινου έρματος από ωκεανό σε ωκεανό και από ήπειρο σε ήπειρο. Στο νερό αυτό, έχει παρατηρηθεί η ύπαρξη από βακτήρια, φύκια, μικρά σπονδυλωτά, αυγά και προνύμφες τα οποία μεταφέρονται και συμβάλουν στην διαταραχή της ισορροπίας του υποθαλάσσιου οικοσυστήματος. Αυτό είναι ικανό να προκαλέσει επικίνδυνα οικολογικά, οικονομικά και υγειονομικά προβλήματα, όπως για παράδειγμα την αύξηση της θαλάσσιας βιορύπανσης, μιας και αφορά αρκετά μεγάλες ποσότητες νερού. Αναφορικά εκτιμάται πως κάθε χρόνο μεταφέρονται τέσσερα (4) δισεκατομμύρια τόνοι έρματος σε όλο τον κόσμο. Το πρόβλημα αυτό όλο και εξαπλώνεται λόγω της ανάπτυξης των πλοίων (μεγαλύτερα και ταχύτερα) σε συνδυασμό με την ταχεία αυξανόμενη διακίνηση εμπορίου. Σε αυτό το σημείο σημαντικό είναι να αναφερθεί πως το 90% του παγκοσμίου εμπορίου μεταφέρεται δια μέσω θαλάσσης, η οποία καλύπτει το 70% της γης, νούμερα που μπορούν να μας κάνουν να αντιληφθούμε τη σοβαρότητα της κατάστασης.



Εικόνα 40: Πλοίο κατά την εξαγωγή νερού έρματος.

Τη λύση στο πρόβλημα αυτό έρχονται να δώσουν διάφοροι φορείς και οργανισμοί οι οποίοι εδώ και αρκετά χρόνια δραστηριοποιούνται προκειμένου να το μειώσουν αλλά και πιθανόν να το εξαλείψουν. Έτσι, μέσα από μια σειρά κατευθυντήριων γραμμών και συμβάσεων θα πρέπει όλα τα φορτηγά πλοία και κυρίως αυτά που κινούνται σε θάλασσες παγκοσμίως, μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα να έχουν ακολουθήσει συγκεκριμένα πρότυπα. Τα πρότυπα αυτά απευθύνονται κυρίως στο τρόπο διαχείρισης του υδάτινου έρματος. Ουσιαστικά, τα πλοία αυτά υποχρεούνται να εγκαταστήσουν συγκεκριμένα συστήματα, τα οποία θα διαχειρίζονται το νερό έρματος που μεταφέρουν, απαλλαγμένο πλέον από μικροοργανισμούς που μπορούν να βλάψουν τις υδάτινες περιοχές. (GESAMP, 2019) (Augusto & Gagnon, 2012) (Vorkapic, et al., 2016)

2.2 ΝΕΡΟ ΕΡΜΑΤΟΣ (“BALLAST WATER”)

Γενικά, ως έρμα ορίζεται οτιδήποτε στερεό ή υγρό που χρησιμοποιείται σε ένα πλοίο μεταβάλλοντας το βάρος του, προκειμένου να εξασφαλίζει την ευστάθεια και την ασφάλειά του κατά την διάρκεια των ταξιδιών. Πιο συγκεκριμένα στα πλοία το νερό έρματος είναι υπεύθυνο για :

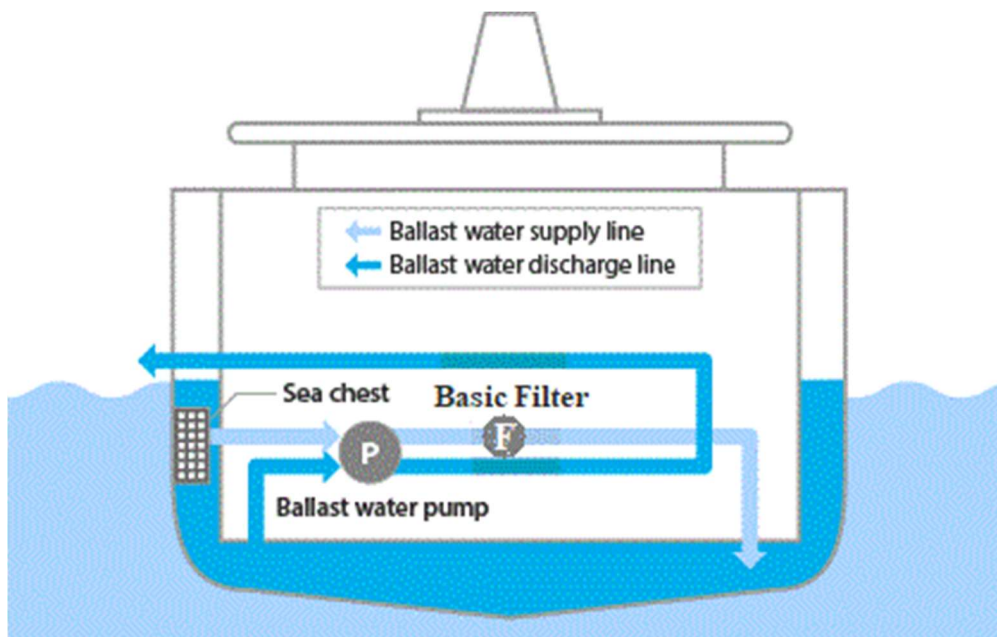
- Τον έλεγχο του κέντρου βάρους του έτσι ώστε να εξασφαλίζει τη σταθερότητά του και να αποφεύγεται τυχόν κίνδυνος λόγω υψηλών ανέμων.
- Την ρύθμιση του βυθίσματός του ειδικά όταν δεν μεταφέρει φορτίο έτσι ώστε να είναι επαρκής η βύθιση του πηδαλίου και της προπέλας.

- Την εξισορρόπηση δυνάμεων βάρους φορτίου προκειμένου να είναι ομοιόμορφα καταναμημένα τα φορτία σε όλο το μήκος και πλάτος του κύτους του πλοίου κατά την διάρκεια φόρτωσης, εκφόρτωσης και μερικής φόρτωσης. Με αυτό αποφεύγεται να υπερβεί τα όρια τάσης κάποιο μέρος του πλοίου και κατ' επέκταση κάποια αστοχία στο κύτος.

Το θαλασσινό νερό αντικατέστησε άλλα μέσα που χρησιμοποιούσαν παλαιότερα όπως για παράδειγμα πετρώματα και άμμος για το λόγο ότι αυτά ήταν δύσκολα διαχειρίσιμα που απαιτούσαν πολύ κόπο και χρόνο. Πλέον, το νερό έχει αποδειχθεί ως ένα ευέλικτο και σε μεγάλες ποσότητες διαθέσιμο μέσο για χρήση σε ένα τέτοιο σύστημα, γι' αυτό και από τότε έχει καθιερωθεί. (GESAMP, 2019)

2.3 ΒΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΡΜΑΤΟΣ

Κάθε σύστημα έρματος αποτελείται κυρίως από ένα σύνολο σωληνώσεων, βασικών φίλτρων, αντλιών και δεξαμενών διατεταγμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί άντληση νερού από οποιαδήποτε δεξαμενή ή θάλασσα και εκκένωση σε άλλη δεξαμενή ή θάλασσα αντίστοιχα.



Εικόνα 41: Σχεδιαγράμματα συστήματος υδάτινου έρματος.

Ξεκινώντας από τις σωληνώσεις, έχουν ως υλικό κατασκευής κυρίως το μέταλλο ενώ οι διαστάσεις και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους ποικίλουν ανάλογα με το πλοίο και τον κατασκευαστή του εκάστοτε συστήματος έρματος. Για την στεγάνωσή τους στις ενώσεις τοποθετείται παρέμβυσμα κατασκευασμένο κυρίως από περμανίτη ή λάστιχο.



Εικόνα 42: Τυπική απεικόνιση σωληνώσεων εντός πλοίου.

Σχετικά με τα βασικά φίλτρα του νερού έρματος και γενικότερα του νερού χρήσης του πλοίου, είναι μηχανικού τύπου τα οποία είναι τοποθετημένα στην αναρρόφηση του συστήματος και χρησιμοποιούνται για λόγους ασφαλείας (αποφυγή αναρρόφησης μεγάλων αντικειμένων/οστρακοειδών/ψαριών). Πιο συγκεκριμένα, στο εσωτερικό τους διαθέτουν ένα καλάθι το οποίο αποτελείται σε όλη του την επιφάνεια από μικροσκοπικές οπές επιτρέποντας έτσι μόνο την διέλευση του νερού κατακρατώντας παράλληλα αντικείμενα ή οργανισμούς μεγαλύτερα από τη διάμετρο των οπών. Απαραίτητος είναι κατά τακτά χρονικά διαστήματα ο καθαρισμός και η εκκένωση των κατακρατημένων αντικειμένων από το εσωτερικό του φίλτρου προκειμένου να συνεχιστεί η ομαλή λειτουργία του. Η δυναμικότητα συγκράτησης των φίλτρων αυτών και κατ' επέκταση η διάμετρος των οπών κυμαίνεται περίπου στα 5mm. Από αυτό γίνεται κατανοητό, πως ο συγκεκριμένος τύπος φίλτρων δεν μπορεί να ικανοποιήσει υψηλές απαιτήσεις συγκράτησης τόσο αντικειμένων όσο και μικροοργανισμών. Πλέον, προκειμένου να καλυφθούν διάφορες απαιτήσεις της νομοθεσίας για την αποφυγή μεταφοράς μικροοργανισμών, αυγών, ουσιών κ.α. κατά την διάρκεια του ερματισμού και αφερματισμού χρησιμοποιούνται συνδυαστικά και με άλλες τεχνολογίες-συστήματα που θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.



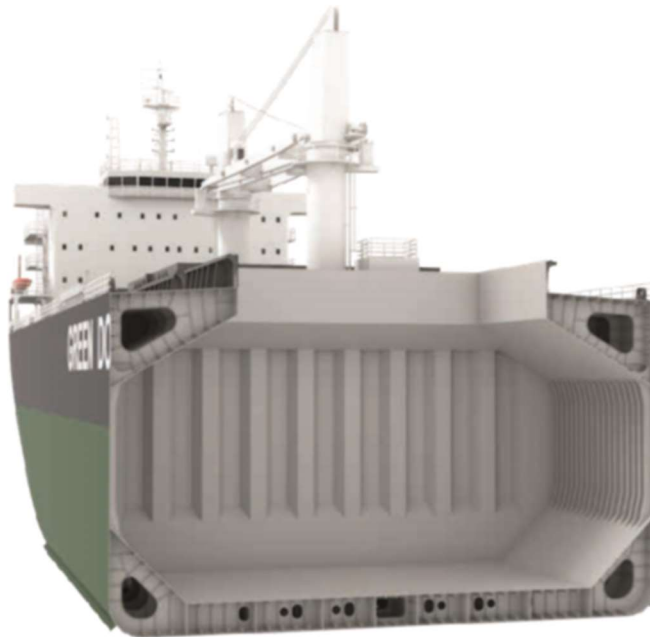
Εικόνα 43: Βασικό φίλτρο νερού έρματος σε δύο όψεις.

Όσον αφορά τις αντλίες του νερού, είναι υπεύθυνες για την προώθηση του νερού από διάφορα διαμερίσματα των δεξαμενών προς άλλα διαμερίσματα ή τη θάλασσα και αντιστρόφως. Είναι ηλεκτροκίνητες και συνήθως τοποθετείται κάθετα ο κινητήρας σε σχέση με τον φυγοκεντρικό θάλαμο της αντλίας. Τέλος, είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να διαχειρίζονται μεγάλες ποσότητες νερού σε μικρό χρονικό διάστημα και ο αριθμός τους εξαρτάται από το μέγεθος του πλοίου και την εκάστοτε κατασκευή.

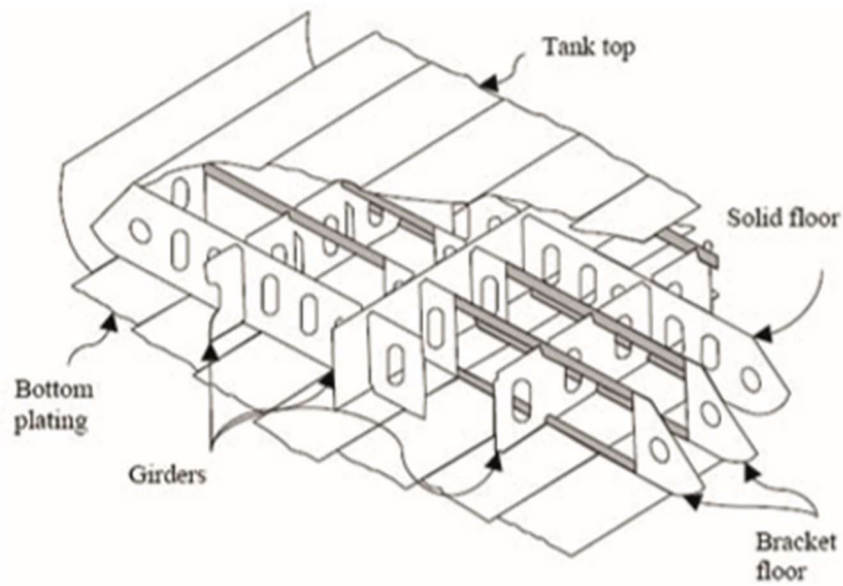


Εικόνα 44: Αντλία νερού έρματος.

Ολοκληρώνοντας, οι δεξαμενές του έρματος είναι στεγανά διαμερίσματα για την συγκράτηση του νερού, χωρισμένες σε διάφορα διαμερίσματα/θαλάμους. Κάθε θάλαμος είναι εξοπλισμένος με κατάλληλα ανοίγματα και κανάλια με σκοπό να επιτρέπει στο νερό να κατανέμεται ομοιόμορφα γύρω από το σκάφος κατά τον ερματισμό και αντίστροφα να αδειάζει ολικά κατά την αποστράγγιση. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία σχημάτων και μεγεθών όμως όλοι οι σχεδιασμοί πρέπει να έχουν επαρκή δύναμη για την στήριξη του πλοίου και να φέρουν με ασφάλεια το βάρος του ίδιου του νερού. Γενικά, η ικανότητα έρματος μπορεί να είναι από μερικές εκατοντάδες τόνους νερού για μικρά πλοία μέχρι και πάνω από 200.000 τόνους νερού για αρκετά μεγάλα.



Εικόνα 45: Τομή πλοίου όπου στο κέντρο φαίνεται η δεξαμενή φορτιού ενώ περιφερειακά οι δεξαμενές νερού έρματος.



Εικόνα 46: Τυπική απεικόνιση κατασκευής δεξαμενών έρματος.



Εικόνα 47: Φωτογραφίες δεξαμενής έρματος όπου φαίνονται τα ανοίγματα και τα κανάλια που διαθέτουν.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι χωρητικότητες έρματος για διάφορους τύπους πλοίων οι οποίες αποτελούν συνήθως το 30-40% της χωρητικότητας εκτοπίσματος (“DWT - Dead Weight Tonnage”) του πλοίου. Ως χωρητικότητα εκτοπίσματος ενός πλοίου ορίζεται “το μέτρο της ικανότητας του πλοίου να μεταφέρει διάφορα αντικείμενα: φορτίο, νερό έρματος, πλήρωμα κ.λπ. σε κάθε δεδομένο βύθισμα”. (Babicz, 2015) (Κοτρίκλα, 2015)

Πίνακας 2.1: Χωρητικότητες έρματος για διάφορους τύπους πλοίων.

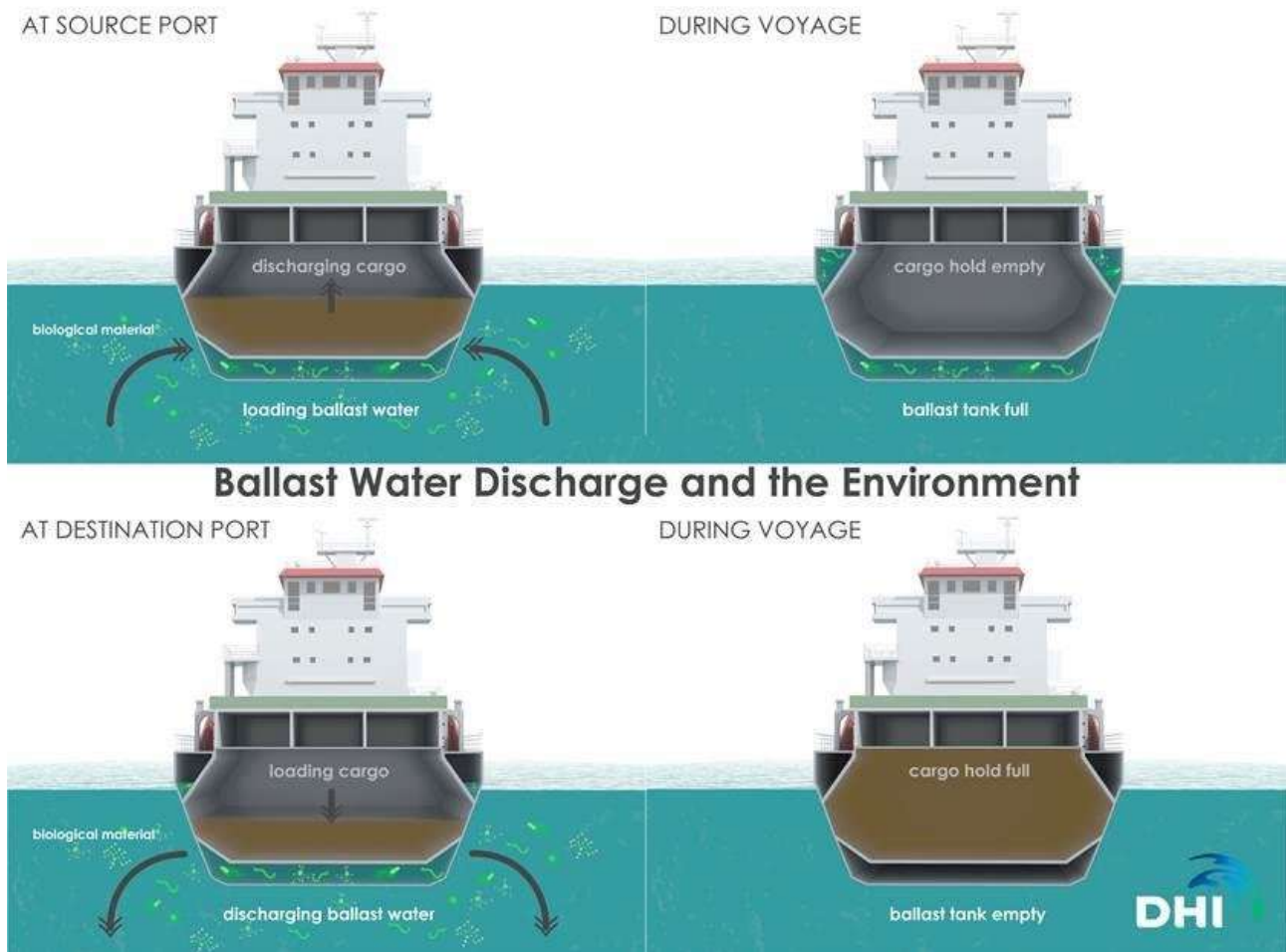
Τύπος πλοίου	DWT	Κατάσταση ερματισμού			
		Κανονική (tonnes)	% του DWT	Βαριά (tonnes)	% του DWT
Χύδην φορτίου	250.000	75.000	30	113.000	45
Χύδην φορτίου	150.000	45.000	30	67.000	45
Χύδην φορτίου	70.000	25.000	36	40.000	57
Χύδην φορτίου	35.000	10.000	30	17.000	49
Δεξαμενόπλοιο	100.000	40.000	40	45.000	45
Δεξαμενόπλοιο	40.000	12.000	30	15.000	38
Μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	40.000	12.000	30	15.000	38
Μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	15.000	5.000	30	n/a	n/a
Γενικού φορτίου	17.000	6.000	35	n/a	n/a
Γενικού φορτίου	8.000	3.000	38	n/a	n/a
Ελιβατικό/RORO	3.000	1.000	33	n/a	n/a

*RORO: Τύπος εμπορικού πλοίου, σχεδιασμένο για την μεταφορά τροχοφόρων φορτίων.

2.4 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΤΑΙ

Βασικό πρόβλημα που παρουσιάζει η χρήση θαλασσινού νερού στον ερματισμό κάθε πλοίου είναι η παράλληλη μεταφορά εξωτικών ειδών σε όλες τις θάλασσες του πλανήτη. Αυτό μπορεί να δράσει αρνητικά σε εμπορικές δραστηριότητες, περιοχές αναψυχής αλλά και να προκαλέσει βλάβη στην ανθρώπινη υγεία. Η συνολική οικονομική επίπτωση που μπορεί να προκληθεί δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθεί. Όμως, θεωρείται σημαντικό να αναφερθεί το γεγονός πως μόνο για την λήψη μέτρων ελέγχου και την επίτευξη της μέγιστης δυνατής αποκατάστασης του προβλήματος, το κόστος για τους αρμόδιους οργανισμούς και υπηρεσίες μπορεί να φτάσει δεκάδες δισεκατομμύρια ευρώ ανά έτος. Τα ανεπιθύμητα αυτά αποτελέσματα μπορούν να αποφευχθούν μέσω της έγκαιρης πρόληψης του προβλήματος, η οποία περιλαμβάνει την σωστή διαχείριση του νερού έρματος κατά τον ερματισμό/αφερματισμό.

Μια χαρακτηριστική διαδικασία ερματισμού/αφερματισμού των πλοίων κατά την φόρτωση και εκφόρτωσή τους φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 48: Χαρακτηριστική διαδικασία ερματισμού/αφερματισμού ενός πλοίου.

Ουσιαστικά, κατά την εκφόρτωση ενός φορτηγού πλοίου στο λιμάνι εκφόρτωσης αναρροφάται ταυτόχρονα θαλασσινό νερό εντός των δεξαμενών έρματος εξισορροπώντας τις διακυμάνσεις βυθίσματός του. Το νερό αυτό περιέχει χιλιάδες είδη θαλάσσιας ζωής (όσοι οργανισμοί είναι αρκετά μικροί για να διαπεράσουν τις αντλίες και τις θυρίδες εισαγωγής) αλλά και αιωρούμενα σωματίδια και ιζήματα τα οποία προκαλούνται από πιθανές διαταραχές του βυθού (κίνηση πλοίων, υπόγεια ρεύματα κ.α.). Τα σωματίδια και τα ιζήματα αυτά, μεταφέρονται και καθιζάνουν εντός των δεξαμενών του πλοίου ενώ η ποσότητα τους θεωρείται αρκετή για την ανάπτυξη και διατήρηση ζωής των ζωντανών οργανισμών. Κατά μέσο όρο σε μια δεξαμενή έρματος υπάρχουν πάνω από 4.000 γνωστών και άγνωστων ειδών οργανισμών. Στη συνέχεια, κατά την διάρκεια των ταξιδιών και εφόσον είναι άδειο από φορτίο το πλοίο συνεχίζει να διατηρεί τη συγκεκριμένη ποσότητα και “ποιότητα” νερού έρματος (για την διατήρηση της ασφάλειας του) έως την άφιξη του σε άλλο λιμάνι, όπου θα παραλάβει νέο φορτίο. Στο λιμάνι φόρτωσης απελευθερώνεται σταδιακά το νερό έρματος

απαρτιζόμενο από τους μικροοργανισμούς σύμφωνα με την ποσότητα του φορτίου που θα παραληφθεί. Όμως, λόγω του γεγονότος πως στις δεξαμενές υπάρχει απουσία φωτός/οξυγόνου αλλά παρουσιάζονται και μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας, δεν μπορούν να επιβιώσουν όλοι οι μικροοργανισμοί που περιέχονται εντός τους. Έτσι, τα υπολείμματα των νεκρών οργανισμών καταναλώνονται από άλλα ή διασπώνται από βακτήρια και μύκητες εκ των οποίων ορισμένα δεν προκαλούν ασθένειες στον άνθρωπο. Ενώ, τα υπόλοιπα που επιβιώνουν εντός των δεξαμενών και αυτών των συνθηκών δύσκολα μπορούν να προσαρμοστούν και να επιζήσουν στο νέο περιβάλλον. Αυτό οφείλεται στην πιθανή διαφοροποίηση αλατότητας, θερμοκρασίας αλλά και στην ύπαρξη φυσικών εχθρών με τους οποίους ανταγωνίζονται για τους ήδη διαθέσιμους πόρους. Γι' αυτό και μόνο οι αρκετά ανθεκτικοί οργανισμοί τελικά επιβιώνουν οι οποίοι και πάλι είναι ικανοί να προκαλέσουν προβλήματα λόγω της ανεξέλεγκτης αύξησής τους.

Τέλος, παρ' όλο που πολύς κόσμος δεν γνωρίζει την σοβαρότητα του προβλήματος που δημιουργείται από τον κύκλο ερματισμού/αφερματισμού, έχει απασχολήσει τους επιστήμονες περισσότερο και από μια θαλάσσια ρύπανση (π.χ. λόγω ύπαρξης πετρελαίου). Αυτό συμβαίνει διότι η θαλάσσια ρύπανση μπορεί σχετικά εύκολα να αντιμετωπιστεί ή έστω να περιοριστεί, σε αντίθεση με τους βιοεισβολείς οι οποίοι δύσκολα εξαλείφονται, έως και απίθανα, στην περίπτωση που εμφανιστούν και εξαπλωθούν. (GESAMP, 2019) (Κοτρίκλα, 2015)

2.5 ΒΙΟΕΙΣΒΟΛΕΙΣ

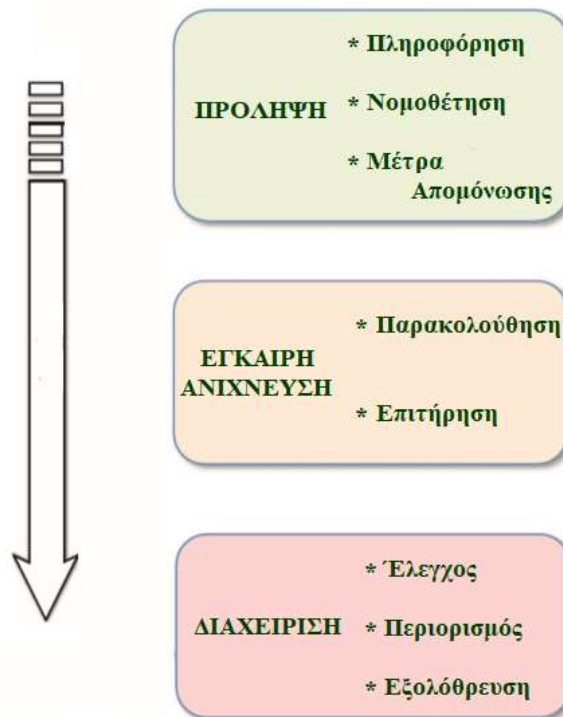
“Βιοεισβολείς ονομάζονται όλα τα μη-αυτόχθονα είδη φυτών και ζώων, που εισάγονται σκόπιμα ή τυχαία σε κάποιο οικοσύστημα και προκαλούν βλάβες.” Άλλοι όροι που ευρέως χρησιμοποιούνται για αυτό τον όρο είναι εξωτικά, αλλόχθονα, μη γηγενή, ξενικά και εισαγόμενα είδη. Κατά κύριο λόγο αποτελούνται από κάποιες κατηγορίες ψαριών, φυκιών, μαλακίων, καρκινοειδών, εχινοδέρμων, βακτηρίων και ιών.

Γενικά οι βιοεισβολείς είναι ικανοί να προκαλέσουν διάφορες βλάβες στα θαλάσσια οικοσυστήματα με τις αντίστοιχες συνέπειες και σε διάφορους τομείς. Έτσι, μπορούν να:

- Επηρεάσουν τη βιοποικιλότητα σε επίπεδο είδους, ενδιαίτηματος και οικοσυστήματος
- Εκτοπίσουν αυτόχθονα είδη
- Προκαλέσουν απώλεια αυτόχθων γονιδίων
- Τροποποιήσουν τα ενδιαίτημα και να αλλάξουν τη δομή του τοπικής βιοκοινότητας

- Επηρεάσουν τα τροφικά δίκτυα
- Επιδρούν στις υπηρεσίες που παρέχουν τα οικοσυστήματα προς τους ανθρώπους και την ανθρώπινη υγεία
- Προκαλέσουν οικονομικές απώλειες

Γι' αυτό, προκειμένου να επιτευχθεί η αποτελεσματική διαχείριση των βιοεισβολών διακρίνονται τα παρακάτω στάδια:

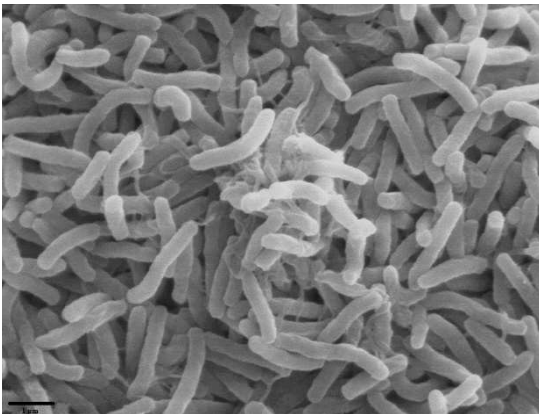


Εικόνα 49: Στρατηγική διαχείρισης ενάντια στους βιοεισβολείς.

Σημαντικότερα στάδιο θεωρείται αυτό της πρόληψης προκειμένου να αποφευχθούν σοβαρότερα προβλήματα. Με σκοπό να γίνει η σωστή διαχείριση των βιοεισβολών, η παρακολούθηση βοηθάει στην εύρεση των φορέων τους απ' όπου και ξεκινούν όλα. Στη συνέχεια, λαμβάνοντας τα κατάλληλα μέτρα, μπορεί να αποτραπεί η ανεξέλεγκτη εξάπλωσή τους. Εφόσον όμως ξεφύγει η κατάσταση, δυσκολεύει αρκετά το έργο για τη διαχείρισή τους, αυξάνοντας ταυτόχρονα εκθετικά και το κόστος. Αυτό το κόστος δύσκολα μπορεί να ποσοτικοποιηθεί μιας και κάθε περίπτωση ποικίλει ανάλογα τα μέτρα πρόληψης που θα πρέπει να ληφθούν, το μέγεθος εξάπλωσης των βιοεισβολών (αν αυτό έχει ήδη συμβεί) κ.α. Ένα ποσοτικό παράδειγμα είναι αυτό της Καλιφόρνιας, όπου διέθεσε το ποσό των 7 εκ. δολαρίων προκειμένου να εφαρμόσουν ένα πρόγραμμα εξάλειψης ανεπιθύμητων φυκιών. Το πρόγραμμα αυτό ξεκίνησε έξι μήνες μετά την ανακάλυψη του βιοεισβολέα και στα επόμενα δύο χρόνια κατάφεραν να το εξαλείψουν.

Όσον αφορά τους φορείς τον βιοεισβολών μπορούν να θεωρηθούν η ναυτιλία, τα κανάλια, οι ιχθυοκαλλιέργειες, η αλιεία, τα ενυδρεία, η έρευνα, ο τουρισμός, η αναψυχή και η αποκατάσταση του οικοσυστήματος. Ως κυριότερος φορέας φαίνεται μέσα από μελέτες πως είναι η ναυτιλία όπου στη συγκεκριμένη περίπτωση οι βιοεισβολείς μεταφέρονται εντός των δεξαμενών έρματος ή είναι προσκολλημένοι στα ύφαλα του πλοίου. Ενώ αμέσως επόμενος φορέας σε επίπεδο σημαντικότητας είναι τα κανάλια, με πιο τρανταχτό παράδειγμα αυτό της διώρυγας του Σουέζ. Η συγκεκριμένη διώρυγα είναι η μεγαλύτερη του κόσμου και ενώνει την ερυθρά θάλασσα με τη μεσόγειο, δίνοντας δίοδο στα διάφορα είδη να περάσουν από το ένα μέρος στο άλλο.

Μερικά από τα κυριότερα και πιο ανεπιθύμητα είδη βιοεισβολών είναι η Χολέρα, τα Τοξικά Φύκια, η Κτενοφόρος Τσούχτρα, τα Ζεβροειδές Μύδια, ο Αστερίας, το Πράσινο και Μπλε καβούρι, το Κινέζικο καβούρι, ο Γοβιός, ο Λαγοκέφαλος και το Λεοντόψαρο. Πιο συγκεκριμένα:



Εικόνα 50: Χολέρα.

Η **Χολέρα** η αλλιώς με την επιστημονική ονομασία “*Vibrio cholerae*” είναι βακτήριο το οποίο προέρχεται από ένα ευρύ φάσμα εξάπλωσης και έχει εισαχθεί στην Ν. Αμερική, στο κόλπο του Μεξικού και άλλες περιοχές. Έχει αποδειχθεί ότι η εξάπλωση του συγκεκριμένου βακτηρίου μέσω το έρμα των πλοίων συνδέεται με μερικές επιδημίες χολέρας όπως για παράδειγμα το 1991 στο Περού όπου είχαν καταγραφεί περίπου 8.000 θάνατοι.

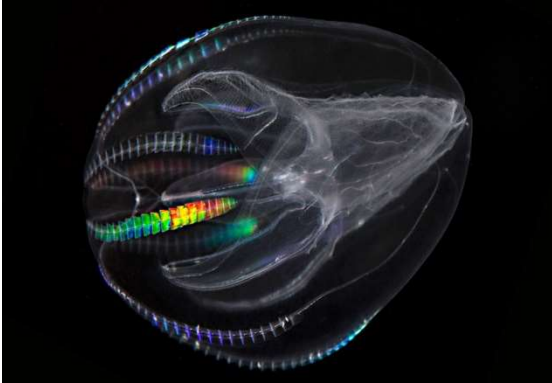


Εικόνα 51: Τοξικά φύκια.

Τα **Τοξικά Φύκια** (“*Toxic Algae*”) έχουν ένα ευρύ φάσμα εξάπλωσης και μεταφέρονται κυρίως μέσω του έρματος των πλοίων. Συνήθως το χρώμα τους είναι πράσινο και εμφανίζονται σε γλυκά και αλμυρά νερά. Η αύξηση θερμοκρασίας του νερού βοηθάει ακόμα περισσότερο στην εξάπλωση τους. Μπορεί να προκαλέσουν άνθιση φυκιών (“*Algae Booms*”) ενώ αποτελείται από οργανισμούς που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου ειδικά μετά το πέρας της

ανθοφορίας τους και της αποσύνθεσής τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα εκεί που εμφανίζονται

μεγάλες συγκεντρώσεις τέτοιου είδους φυκιών, οπότε και μειωμένο οξυγόνο, να υπάρχει μαζικός θάνατος της θαλάσσιας ζωής. Απελευθερώνουν τοξίνες και βλέννες ρυπαίνοντας έτσι τις ακτές. Σε περίπτωση που οι άνθρωποι καταναλώσουν μολυσμένους οργανισμούς, μπορούν να προσβληθούν από διάφορες ασθένειες και σε χειρότερη περίπτωση ακόμα και να πεθάνουν.



Εικόνα 52: Κτενοφόρος τσούχτρα.

Η **Κτενοφόρος Τσούχτρα** (“*Comb Jelly*”) προέρχεται από την ανατολική ακτή της Αμερικής και μέσω του έρματος των πλοίων έχει εμφανιστεί στη Μαύρη και Κασπία θάλασσα. Ανήκει στην κατηγορία των θαλάσσιων ασπόνδυλων και τρέφεται με ζωοπλαγκτόν σε μεγάλες ποσότητες. Έτσι, καταναλώνει τα αποθέματα έχοντας ως συνέπεια να επηρεάζει την τροφική αλυσίδα του εκάστοτε οικοσυστήματος. Σε ευνοϊκές συνθήκες μπορεί να

αναπαραχθεί πολύ γρήγορα λόγω του γεγονότος πως είναι αυτογονιμοποιούμενο με αποτέλεσμα την ταχεία εξάπλωση του. Σημαντικό να αναφερθεί είναι πως την δεκαετία του 90’ συνείσφερε στην διάλυση της αλιείας της Μαύρης θάλασσας αποφέροντας οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, ενώ τώρα σειρά στην απειλή έχει και η Κασπία θάλασσα.



Εικόνα 53: Ζεβροειδές μύδια.

Τα **Ζεβροειδές Μύδια** (“*Zebra Mussels*”) κατάγονται από την Μαύρη θάλασσα αλλά με την βοήθεια των πλοίων έχουν αρχίσει και εμφανίζονται και σε άλλες περιοχές όπως για παράδειγμα τη Δυτική και Βόρεια Ευρώπη αλλά και τμήμα της Β. Αμερικής. Πιο συγκεκριμένα, η μεταφορά τους γίνεται κυρίως επειδή τα μύδια έχουν την τάση να προσκολλάνε σε επιφάνειες, προσκολλώντας έτσι και στα ύφαλα των

πλοίων. Τρέφονται κυρίως με φυτοπλαγκτόν μειώνοντάς τα σημαντικά και εν συνεχεία επηρεάζοντας τα τροφικά δίκτυα. Ένα άλλο πρόβλημα που μπορεί να προκαλέσουν είναι όταν προσκολλάνε σε υποθαλάσσιες κατασκευές επιδρώντας έτσι στην ομαλή λειτουργία τους. Για παράδειγμα όταν προσκολλάνε εντός ανοιχτού υποθαλάσσιου αγωγού (πχ. αναρρόφησης) μειώνοντας του έτσι την διατομή και κατά συνέπεια την παροχή του.



Εικόνα 54: Αστερίας.

Ο συγκεκριμένος **Αστερίας** ("*Asterias Amurensis*") προέρχεται από το Βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό και εμφανίστηκε μετά από μεταφορά του από το έρμα των πλοίων στις ακτές την Ν. Αυστραλίας. Έχει την ικανότητα να αναπαράγεται ταχύτατα στις περιοχές που εισβάλλει ενώ τρέφεται κυρίως με όσους οργανισμούς έχουν κέλυφος, συμπεριλαμβανομένων των εμπορικά πολύτιμων ειδών χτενιών, στρειδιών και αχιβάδων. Όπως γίνεται αντιληπτό αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οικονομικές επιπτώσεις αλλά και απειλή στον ιθαγενής θαλάσσιο βιότοπο.



Εικόνα 55: Πράσινο καβούρι.

Το **Πράσινο Καβούρι** ("*Carcinus Maenus*") ζει στον ατλαντικό ενώ έχει παρατηρηθεί πλέον η ύπαρξη του στη Ν. Αυστραλία και Ν. Αφρική αλλά και στην Ιαπωνία. Είναι πολύ προσαρμοστικός οργανισμός στις διάφορες αλλαγές των περιοχών που εισέρχεται και πολύ ανθεκτικός στη θήρευση εξαιτίας του κελύφους που διαθέτει. Ανταγωνίζεται συχνά τα γηγενή καβούρια εκτοπίζοντάς τα και κυριαρχώντας τις εκάστοτε περιοχές. Τέλος, καταναλώνει σε μεγάλο βαθμό διάφορα είδη με αποτέλεσμα την διαταραχή του βραχώδες οικοσυστήματος.



Εικόνα 56: Μπλε καβούρι.

Το **Μπλε Καβούρι** (*“Callinectes Sapidus”*) πρωτοεμφανίστηκε στο Δυτικό Ατλαντικό Ωκεανό και στον κόλπο του Μεξικού ενώ εισήχθη σε μέρη της Μεσογείου, της Αδριατικής και της Ιαπωνίας μέσω του έρματος των πλοίων. Τρέφεται κυρίως με ψάρια του υπάρχον περιβάλλοντος και μπλέκονται στα δίχτυα των ψαράδων προκαλώντας ζημιές στα αλιευτικά μέσα.



Εικόνα 57: Κινέζικο καβούρι.

Το **Κινέζικο Καβούρι** (*“Mitten-Crab/ Eiocheirsinensis”*) ζει στη Β. Ασία ενώ έχει παρατηρηθεί μεταφορά τους με το έρμα των πλοίων αλλά και από μαζική μετανάστευση στη Δ. Ευρώπη, Βαλτική θάλασσα και Β. Αμερική προκειμένου να αναπαραχθούν. Φωλιάζουν κυρίως στις όχθες των ποταμών προκαλώντας τους διάβρωση και τρέφονται με αυτόχθονα ψάρια και ασπόνδυλα με αποτέλεσμα την σταδιακή εξαφάνιση τους.



Εικόνα 58: Γωβιός.

Ο **Γωβιός** (*“Round Goby”*) είναι ψάρι το οποίο προέρχεται από την Μαύρη και την Κασπία θάλασσα ενώ το νέο περιβάλλον στο οποίο εμφανίστηκε μεταγενέστερα είναι η Ελλάδα, η Τουρκία, η Βαλτική και η Β. Αμερική. Θεωρείται ως ένας πολύ ανθεκτικός οργανισμός καθώς επιβιώνει ακόμα και σε πολύ κακής ποιότητας νερά. Αυξάνεται και εξαπλώνεται πολύ εύκολα και γρήγορα καθώς αναπαράγεται πολλές φορές

το χρόνο. Ακόμα, ανταγωνίζεται τα αυτόχθονα είδη με σκοπό την εύρεση καταλύματος και τρέφεται από αυτά και τα αυγά τους.



Εικόνα 59: Λαγοκέφαλος.

Ο **Λαγοκέφαλος** (“*Lagocephalus Sceleratus*”) είναι αρπακτικό ψάρι το οποίο προέρχεται από τον Ινδικό και Ειρηνικό Ωκεανό αλλά και την Ερυθρά θάλασσα. Κατάφερε να εισέλθει στη Μεσόγειο κυρίως μέσω της διώρυγας του Σουέζ και έχει την ικανότητα να εξαπλώνεται υπερβολικά γρήγορα. Κατοικεί κυρίως σε αμμώδες και λασπώδεις περιοχές υποστρώματος σε βάθη που μπορούν να φτάσουν τα 250m και το μέγεθος του μπορεί να φτάσει τα 110cm και 7kg. Θεωρούνται

εύκολα προσαρμόσιμα ψάρια σε νέα ενδιαιτήματα με αποτέλεσμα να ανταγωνίζονται τα γηγενή είδη, επηρεάζοντας έτσι την ποικιλομορφία του οικοσυστήματος της περιοχής. Τρέφεται κυρίως με γαρίδες, καβούρια, μαλάκια και ψάρια ακόμα και του ίδιου είδους. Διαθέτουν δύο ισχυρά δόντια με τα οποία είναι ικανά να σχίζουν και να καταστρέφουν τα αλιευτικά είδη και αλιεύματα, παρουσιάζοντας προβλήματα ειδικά σε Ελλάδα και Κύπρο. Χρειάζεται επίσης να σημειωθεί πως λόγω της υψηλής τοξικότητας του (ύπαρξη τετραδοτοξίνης στο εσωτερικό του) είναι αυστηρά μη-βρώσιμο ψάρι. Σε περίπτωση που καταναλωθεί από κάποιον άνθρωπο η συγκεκριμένη τοξίνη είναι ικανή να προκαλέσει μυϊκή παράλυση, να μπλοκάρει το νευρικό σύστημα ακόμα και να επιφέρει το θάνατο.



Εικόνα 60: Λεοντόψαρο.

Το **Λεοντόψαρο** (“*Pterois miles*”) κατάγεται από τον Ινδικό και Ειρηνικό Ωκεανό ενώ το τελευταίο διάστημα έχει παρατηρηθεί η ύπαρξη και εξαπλώσή του στον Ατλαντικό Ωκεανό, την Καραϊβική, σε μέρη του Μεξικού και τη Μεσόγειο. Είναι άγριοι θηρευτές ψαριών και ασπόνδυλων αποφέροντας οικολογικές επιπτώσεις. Διαθέτη περιφερειακά στο σώμα του δηλητηριώδη πτερύγια τα οποία περιέχουν ισχυρή τοξίνη. Δεν είναι πολύ επιθετικό αλλά σε περίπτωση τσιμπήματος μπορεί να προκαλέσει εμετούς,

πονοκεφάλους, δύσπνοια, αλλεργικό σοκ ενώ τα άτομα με επιβαρυσμένο ιατρικό ιστορικό διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο.

Το τελευταίο διάστημα έχει παρατηρηθεί πως η συχνότητα βιοεισβολής ειδών έχει αυξηθεί εκθετικά. Γι' αυτό, αρκετοί φορείς και οργανισμοί έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους σε αυτό το μείζον πρόβλημα, κάνοντας πειράματα και υλοποιώντας διάφορες τεχνικές προκειμένου να το περιορίσουν και όπου είναι εφικτό, να το εξαλείψουν.

(Κοτρίκλα, 2015) (Augusto & Gagnon, 2012) (GESAMP, 2019) (Cvetković, et al., 2015) (Nader, et al., 2012) (Sullivan, 2013) (Simberloff, et al., 2013)

2.6 ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Παρόλο που το πρόβλημα εμφάνισης βιοεισβολών ανά τον κόσμο είναι γνωστό περισσότερο από 200 χρόνια, η προσπάθεια διαχείρισής τους αποτελεί ακόμα μια σειρά προκλήσεων.

Μιας και βασικός φορέας των βιοεισβολών είναι η ναυτιλία και πιο συγκεκριμένα η μεταφορά τους από τις δεξαμενές υδάτινου έρματος, αρκετοί διεθνείς οργανισμοί έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους εκεί, προκειμένου να βρουν τη βέλτιστη λύση στη διαχείριση και αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού. Αναλυτικότερα, το 1992 σε διάσκεψη του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) με θέμα το περιβάλλον και την ανάπτυξη (“United Nations Conference on Environment and Development-UNCED”), που πραγματοποιήθηκε στο Ρίο Ντε Τζανέιρο, κλήθηκε ο Διεθνής Οργανισμός Ναυσιπλοΐας (“International Maritime Organization-IMO”) μαζί με άλλους διεθνείς οργανισμούς να λάβουν δράση. Σημαντικό κρίνεται να αναφερθεί πως ο “IMO” από δέκα χρόνια πριν αναζητούσε εξεύρεση λύσης στο πρόβλημα. Έτσι, το 1991 δημοσίευσαν τις πρώτες τους οδηγίες σχετικά με την αποφυγή εισαγωγής βιοεισβολών μέσω του υδάτινου έρματος και των ιζημάτων, οι οποίες κατάφεραν να επικαιροποιηθούν το 1993. Αμέσως επόμενη δημοσίευση, πραγματοποιήθηκε το 1997, στην οποία δινόταν οδηγίες σχετικά με τον έλεγχο και την διαχείριση του υδάτινου έρματος. Ωστόσο, το 1994 συστάθηκε από την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (“Marine Environment Protection Committee-MEPC”) μια ομάδα υπό την αρμοδιότητα του “IMO”, με σκοπό τη δημιουργία σύμβασης για τον έλεγχο και τη διαχείριση του υδάτινου έρματος και ιζήματος. Σαν αποτέλεσμα, από το 1999 και μετά η ομάδα αυτή επικεντρώθηκε στο συγκεκριμένο ζήτημα, ενώ στις 13 Φεβρουαρίου του 2004 η σύμβαση αυτή εγκρίθηκε, γνωστή ως Σύμβαση “BWM” (“Ballast Water Management”). Αρχικά, προβλεπόταν πως θα τεθεί σε ισχύ 12 μήνες μετά, δεδομένου ότι

τουλάχιστον 30 κράτη, που αποτελούν το 35% της παγκόσμιας ναυτιλίας θα αποδεχόταν τη συγκεκριμένη σύμβαση. Όμως, λόγω του γεγονότος πως θα έπρεπε να γίνουν αρκετές επικυρώσεις από τα κράτη και να αναπτυχθούν επαρκής κατευθυντήριες γραμμές για την ομοιόμορφη εφαρμογή της, παρατηρήθηκε καθυστέρηση. Τελικά, τα 30 κράτη την αποδέχθηκαν το Σεπτέμβριο του 2016, οπότε αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να τεθεί σε ισχύ σε παγκόσμιο επίπεδο στις 8 Σεπτεμβρίου του 2017 όπου και την αποδέχθηκαν περισσότερες από 60 χώρες (αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 70% της παγκόσμιας ναυτιλίας). (Κοτρίκλα, 2015) (Stehouwer, et al., 2010) (Matej, 2012) (IMO, 2020)

2.7 ΣΥΜΒΑΣΗ “BWM”

Η σύμβαση “BWM” απαιτεί από όλα τα πλοία που εκτελούν διεθνές μεταφορές, έχουν βάρος 400GT και πάνω, και διαθέτουν δεξαμενές νερού έρματος να ακολουθούν πρότυπα σύμφωνα με το ειδικό Σχέδιο Διαχείρισης Έρματος (“Ballast Water Management Plan-BWMP”). Κάθε πλοίο μετά την ισχύ της Σύμβασης είναι υποχρεωμένο να διατηρεί βιβλίο καταγραφής έρματος, στο οποίο αναγράφονται οι ημερομηνίες άντλησης και απάντλησης έρματος και το εκάστοτε σύστημα που διαθέτει αλλά και πιστοποιητικό διαχείρισης υδάτινου έρματος (“International Ballast Water Management Certificate”).

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το “BWMP” υπάρχουν δυο βασικά πρότυπα (“D1 & D2”) τα οποία καλούνται οι αρμόδιες πλοιοκτήτριες εταιρίες να ακολουθήσουν και εν συνεχεία να προσαρμόσουν στο στόλο τους σε βάθος χρόνου, όπως ορίζει η σύμβαση.

Πρότυπο “D1”: Πρότυπο ανταλλαγής υδάτινου έρματος (“Ballast Water Exchange-BWE”)

Έχει αποδειχθεί επιστημονικά ότι οι θαλάσσιοι οργανισμοί ή / και οι παθογόνοι οργανισμοί που λαμβάνονται στα παράκτια ύδατα είναι λιγότερο πιθανό να επιβιώσουν όταν απορρίπτονται στον ανοικτό ωκεανό και αντίστροφα, λόγω μεταβολών στη χημεία, τη θερμοκρασία και την αλατότητα του ύδατος. Έτσι, με τη μέθοδο αυτή είναι πιθανότερο να παρουσιαστεί μείωση εμφάνισης βιοεισβολών ανά τον κόσμο, χωρίς όμως να είναι απόλυτα ικανοποιητική η αποτελεσματικότητά του.

Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, τα σημεία που μπορεί να πραγματοποιείται ανταλλαγή έρματος ορίζονται όλες τις περιοχές που απέχουν τουλάχιστον 200 Ναυτικά Μίλια από την πλησιέστερη ακτή και σε βάθος νερού τουλάχιστον 200m. Διαφορετικά, σε περιοχές που δεν είναι εφικτή η τήρηση του προηγούμενου μέτρου, τα 200 Ναυτικά μίλια περιορίζονται στα 50 Ναυτικά Μίλια μακριά από την

πλησιέστερη ακτή και το βάθος παραμένει στα ίδια επίπεδα. Αν ακόμα και αυτό δεν είναι εφικτό, τότε ορίζονται νέα μέτρα σε συνεννόηση με τα γύρω κράτη. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις η ανταλλαγή έρματος δεν θα πρέπει να εκθέτει το κάθε πλοίο σε κίνδυνο, να μην το παρεκκλίνει από την προγραμματισμένη του πορεία και να μην το καθυστερεί στη συνέχεια του ταξιδιού του.

Για την πραγματοποίηση της ανταλλαγής του έρματος διακρίνονται τρεις βασικές μέθοδοι :

- ✓ Άδειασμα δεξαμενών και στη συνέχεια ξαναγέμισμα με φρέσκο νερό, εμφάνιση διακύμανσης βυθίσματος (“Sequential method”)
- ✓ Ταυτόχρονη πλήρωση (επάνω μέρος δεξαμενής) και άδειασμα (κάτω μέρος) δεξαμενών, διατηρώντας πάντα την ίδια ποσότητα νερού εντός το δεξαμενών άρα και το ίδιο βύθισμα του πλοίου
- ✓ Υπερχείλιση δεξαμενών (“Flow through method”)

Και στις τρεις μεθόδους απαιτείται η ανταλλαγή τουλάχιστον του 95% του όγκου νερού έρματος.

Πρότυπο “D2”: Πρότυπο επεξεργασίας νερού έρματος (“Ballast Water Treatment-BWT”)

Το πρότυπο αυτό απαιτεί το νερό έρματος που εκφορτώνεται, να περιέχει βιώσιμους οργανισμού κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Αυτό επιτυγχάνεται με εγκατάσταση κατάλληλου συστήματος για την επεξεργασία του νερού πριν απορριφθεί στη θάλασσα, με σκοπό να μην προκαλούνται προβλήματα στην εκάστοτε θαλάσσια περιοχή. Μέσω ειδικών διαδικασιών του “ΙΜΟ”, όλα τα συστήματα που αναπτύσσονται για την επεξεργασία του έρματος θα πρέπει να παίρνουν έγκριση (type approval) ενώ πραγματοποιούνται συχνοί έλεγχοι από αρμόδιες υπηρεσίες λαμβάνοντας δείγμα προκειμένου να αναλυθεί και να διαπιστωθεί πως τηρούνται τα αντίστοιχα πρότυπα. Τα τελευταία χρόνια, έχουν αναπτυχθεί και τεχνικές οι οποίες κάνουν πιο εύκολο το έργο της δειγματοληψίας όπως για παράδειγμα η τεχνική Κυτταρομετρίας ροής, οι οποία με κατάλληλα συστήματα και αισθητήρες λαμβάνονται και αναλύονται δείγματα νερού ανά πάσα στιγμή και σε μικρότερο χρονικό διάστημα εξ αποστάσεως. Ενώ, συχνά κάθε πλοίο ελέγχεται μέσω δορυφόρου, πως έχει σε συνεχή λειτουργία τα συστήματα επεξεργασίας υδάτινου έρματος. Σχετικά με τα επιτρεπτά όρια του προτύπου “D2”, αναφέρονται σε συγκεντρώσεις πλαγκτονικών (ανάλογα με το μέγεθός τους) και παθογόνων οργανισμών όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.2: Όρια συγκεντρώσεων οργανισμών σύμφωνα με το πρότυπο “D2”

Κατηγορία οργανισμού	Όριο
Πλαγκτόν ≥ 50 μm ελάχιστες διαστάσεις	<10 κύτταρα/ m^3
Πλαγκτόν, 10-50 μm	<10 κύτταρα/ml
Τοξικογόνο <i>Vibrio cholerae</i> (O1 και O139)	< 1 colony forming unit cfu*/100 ml ή <1 cfu/g (υγρό βάρος)
<i>Escherichia coli</i>	< 250 cfu/100 ml
Intestinal enterococci	< 100 cfu/100 ml

*cfu: μονάδα σχηματισμού αποικίας.

Το χρονοδιάγραμμα της σύμβασης, αρχικά προέβλεπε την ικανοποίηση των προτύπων σταδιακά, ανάλογα με την ημερομηνία κατασκευής των πλοίων και την χωρητικότητα του έρματος το αργότερο έως το 2016 δεδομένου ότι θα είχε τεθεί η σύμβαση νωρίτερα σε ισχύ. Όμως, τα δεδομένα άλλαξαν λόγω της προαναφερόμενης καθυστέρησης και το χρονοδιάγραμμα τροποποιήθηκε ως εξής:

➤ Όλα τα νέα πλοία, δηλαδή όσα πλοία κατασκευάστηκαν μετά την ισχύ της Σύμβασης (Σεπτέμβριος 2017), θα πρέπει να ακολουθούν το πρότυπο “D2”.

➤ Για όσα πλοία έχουν κατασκευαστεί πριν το Σεπτέμβριο του 2017 υποχρεούνται να ακολουθούν το πρότυπο ανταλλαγής έρματος “D1”, έως ότου ακολουθήσουν το πρότυπο “D2” σύμφωνα με την ημερομηνία που τους ορίζεται.

➤ Όλα τα πλοία έχουν ως καταληκτική ημερομηνία για να έχουν ακολουθήσει το πρότυπο “D2” την 8 Σεπτεμβρίου 2024.

➤ Η ακριβής ημερομηνία λοιπόν που θα πρέπει όλα τα ήδη υπάρχον πλοία να ακολουθήσουν το πρότυπο “D2”, καθορίζεται εξ ολοκλήρου από το πιστοποιητικό “International Oil Pollution Prevention – IOPPC”. Αυτό το πιστοποιητικό εκδίδεται σε κάθε νέο πλοίο και ανανεώνεται τουλάχιστον κάθε 5 έτη, εφόσον μετά από επιθεώρηση που πραγματοποιείται, διαπιστώνεται πως το πλοίο συμμορφώνεται με τη Σύμβαση “MARPOL Annex I”, η οποία αφορά την πρόληψη της ρύπανσης στα πλοία. Έτσι λοιπόν, διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- Αν η καινούρια ανανέωση πιστοποιητικού “IOPPC” έγινε μεταξύ 8 Σεπ 2017 και 8 Σεπ 2019, η προηγούμενη ανανέωση είναι εκείνη που θα καθορίσει τελικά την ημερομηνία συμμόρφωσης με το πρότυπο “D2”. Πιο αναλυτικά για προηγούμενη ανανέωση πιστοποιητικού μεταξύ 8 Σεπ 2014 και 8 Σεπ 2017, ο κανονισμός λέει πως στην καινούργια ανανέωση του πιστοποιητικού θα πρέπει το πλοίο να ακολουθεί ήδη το πρότυπο αυτό. Ενώ για προηγούμενη ανανέωση πιστοποιητικού πριν από της 8 Σεπ 2014, το πλοίο θα πρέπει να ακολουθήσει το πρότυπο αυτό στην επόμενη ανανέωση.

- Αν η καινούρια ανανέωση πιστοποιητικού “IOPPC” πρέπει να γίνει μετά της 8 Σεπ 2019, το πλοίο θα πρέπει να ακολουθήσει το πρότυπο αυτό στην τρέχουσα ανανέωση.



Εικόνα 61: Χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσης με τη Σύμβαση “BWM”.

Όσον αφορά τα ιζήματα, αρμόδια συνεργεία αναλαμβάνουν κατά τακτά χρονικά διαστήματα να καθαρίσουν και να πλύνουν τις δεξαμενές έρματος απαλλάσσοντας τες από αυτά. Στη συνέχεια, τα ιζήματα οδηγούνται σε συγκεκριμένους σταθμούς παραλαβής, στους οποίους πραγματοποιούνται κατάλληλες ενέργειες για την αδρανοποίηση των βλαβερών οργανισμών.

Για την διευκρίνιση των απαιτήσεων και την διασφάλιση της ομοιόμορφης εφαρμογής των κανονισμών της Σύμβασης, αναπτύχθηκαν, εγκρίθηκαν και αναθεωρήθηκαν οι παρακάτω κατευθυντήριες γραμμές:

- **[G1]** Κατευθυντήριες γραμμές για τις εγκαταστάσεις παραλαβής ιζημάτων (ψήφισμα MEPC.152 (55)).
- **[G2]** Κατευθυντήριες γραμμές για τη δειγματοληψία υδάτινου έρματος (ψήφισμα MEPC.173 (58)).
- **[G3]** Κατευθυντήριες γραμμές για την συμμόρφωση με τη διαχείριση των υδάτων έρματος (ψήφισμα MEPC.123 (53)).
- **[G4]** Κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση και ανάπτυξη σχεδίων διαχείρισης των υδάτων έρματος (ψήφισμα MEPC.127 (53)).

- [G5] Κατευθυντήριες γραμμές για εγκαταστάσεις υποδοχής υδάτινου έρματος (ψήφισμα MEPC.153 (55)).
- [G6] 2017 Κατευθυντήριες γραμμές για την ανταλλαγή νερού έρματος (ψήφισμα MEPC.288 (71)).
- [G7] 2017 Κατευθυντήριες γραμμές για την αξιολόγηση του κινδύνου βάσει του κανονισμού A-4 της σύμβασης BWM (ψήφισμα MEPC.289 (71)).
- [G8] 2016 Κατευθυντήριες γραμμές για την έγκριση συστημάτων διαχείρισης υδάτινου έρματος (ψήφισμα MEPC.279 (70)).
- [G9] Διαδικασία έγκρισης συστημάτων διαχείρισης υδάτων έρματος που χρησιμοποιούν δραστικές ουσίες (ψήφισμα MEPC.169 (57)).
- [G10] Κατευθυντήριες γραμμές για την έγκριση και επίβλεψη πρωτοτύπων προγραμμάτων τεχνολογίας επεξεργασίας νερού έρματος (ψήφισμα MEPC.140 (54)).
- [G11] Κατευθυντήριες γραμμές για τα πρότυπα σχεδιασμού και κατασκευής ανταλλακτικών υδάτων έρματος (ψήφισμα MEPC.149 (55)).
- [G12] 2012 Κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό και την κατασκευή για τη διευκόλυνση του ελέγχου των ιζημάτων στα πλοία (ψήφισμα MEPC.209 (63)).
- [G13] Κατευθυντήριες γραμμές για πρόσθετα μέτρα όσον αφορά τη διαχείριση των υδάτων έρματος, συμπεριλαμβανομένων καταστάσεων έκτακτης ανάγκης (ψήφισμα MEPC.161 (56)).
- [G14] Κατευθυντήριες γραμμές χαρακτηρισμού περιοχών για την ανταλλαγή υδάτινου έρματος (ψήφισμα MEPC.151 (55)).
- Κατευθυντήριες γραμμές για την ανταλλαγή νερού έρματος στην περιοχή της συνθήκης της Ανταρκτικής (ψήφισμα MEPC.163 (56)).
- Κατευθυντήριες γραμμές για τον έλεγχο από το κράτος λιμένα βάσει της σύμβασης BWM (ψήφισμα MEPC.252 (67)).

Παρότι η Σύμβαση έχει τεθεί σε ισχύ, τροποποίηση στις ήδη υπάρχουσες αλλά και προσθήκη συμπληρωματικών κατευθυντήριων γραμμών μπορεί να υπάρξουν, αν αυτό κρίνεται απαραίτητο.

Αναφορικά, άλλος ένας εθνικός φορέας που έχει εισάγει κανονισμούς για την επεξεργασία του θαλάσσιου έρματος είναι η ακτοφυλακή Ηνωμένων Πολιτειών (“ US Coast Guard-USCG”), οι

οποίοι τέθηκαν σε ισχύ τον Ιούνιο του 2012. Παρά το γεγονός πως τα πρότυπα των κανονισμών αυτών είναι όμοια με το πρότυπο επεξεργασίας έρματος “D2” του “IMO”, παρατηρείται πως διαφέρει το σχήμα έγκρισης εγκατάστασης του ανάλογου εξοπλισμού, με αυστηρότερο αυτό του “USCG”. Αυτό έχει σαν αντίκτυπο, κάποιο σύστημα το οποίο έχει εγκριθεί από τον “IMO” να είναι αβέβαιο αν θα μπορεί να εγκριθεί και από την “USCG”. **(Κοτρίκλα, 2015) (Matej, 2012) (Babiczy, 2015) (Stehouwer, et al., 2010) (IMO, 2020) (Vinko, et al., 2012)**

2.8 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ

Προκειμένου τα πλοία να ικανοποιούν το πρότυπο επεξεργασίας υδάτινου έρματος, αναγκαία είναι η τροποποίηση του παλαιού συστήματος διαχείρισης έρματος, με εγκατάσταση νέων κατάλληλων πιστοποιημένων συστημάτων επεξεργασίας νερού (με εξαίρεση τις περιπτώσεις απόρριψης του νερού έρματος σε ειδικές μονάδες επεξεργασίας στη στεριά). Έτσι, έχουν αναπτυχθεί νέες μέθοδοι αποκλειστικά για την επεξεργασία του υδάτινου έρματος, όπως η αποξυγόνωση, ενώ κάποιες άλλες ήδη έχουν εφαρμοστεί για διαφορετικό σκοπό και μπορούν να καλύψουν τα πρότυπα της Σύμβασης “BWM”. Τέτοια παραδείγματα ήδη υπάρχουν μεθόδων χρησιμοποιούν τα συστήματα για την επεξεργασία πόσιμου νερού μέσω της διήθησης, χλωρίωσης και οζόνωσης αλλά και τα συστήματα επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Η μόνη τροποποίηση που χρειάζονται αυτά είναι να προσαρμοστούν στις ανάγκες ενός πλοίου (αποδοτικότητα, μέγεθος κ.α.).

Με βάση το κύριο μηχανισμό επεξεργασίας του υδάτινου έρματος, οι μέθοδοι έχουν χωριστεί σε τρεις (3) βασικές κατηγορίες :

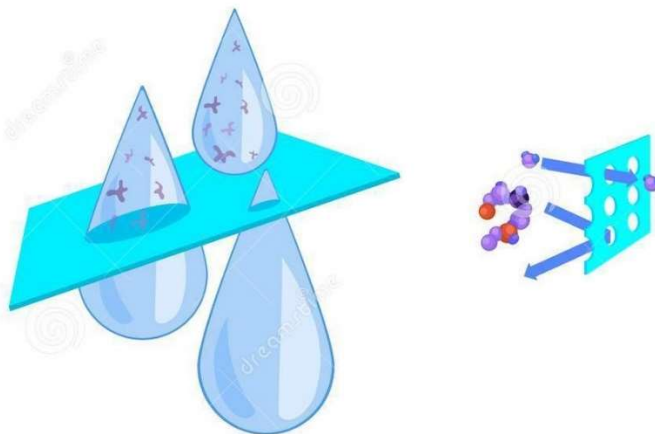
- ✓ Μηχανικές
- ✓ Χημικές
- ✓ Φυσικές

Σε αυτό το σημείο απαραίτητο κρίνεται να τονιστεί, πως πολλά “BWTS” χρησιμοποιούν ακόμα και συνδυασμό δύο η περισσότερων μεθόδων με σκοπό να επιτύχουν καλύτερη αποδοτικότητα. **(GESAMP, 2019) (Κοτρίκλα, 2015)**

2.8.1 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι μηχανικές μέθοδοι είναι κατά κύριο λόγο υπεύθυνες για το διαχωρισμό των στερεών σωματιδίων και οργανισμών από τα υγρά. Για να επιτευχθεί αυτό διακρίνεται κυρίως η μέθοδος της διήθησης και του κυκλωνικού διαχωρισμού.

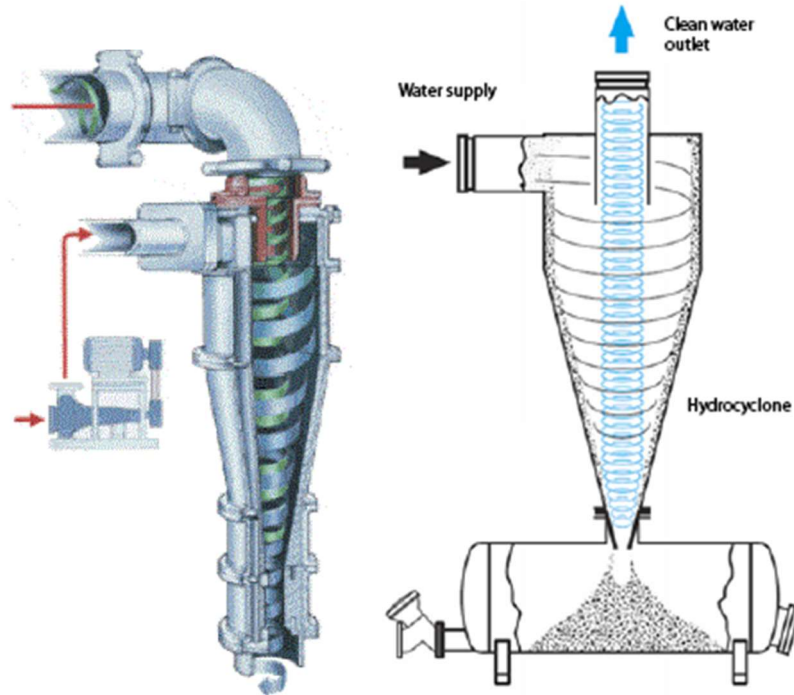
Η μέθοδος της διήθησης ή αλλιώς φιλτραρίσματος, πραγματοποιείται με τη βοήθεια φίλτρων. Κάθε φίλτρο αποτελείται από πολλαπλούς μικροσκοπικούς πόρους/οπές μέσω των οποίων διαπερνάει το υπό επεξεργασία υγρό, ενώ ταυτόχρονα κατακρατάει πάνω του κάθε σωματίδιο ή μικροοργανισμό που έχει διάμετρο μεγαλύτερη από αυτή των πόρων του φίλτρου. Συνήθως, μετά από αρκετό καιρό χρήσης παρατηρείται μείωση της αποτελεσματικότητάς των φίλτρων λόγω υπερβολικής ποσότητας σωματιδίων επάνω σε αυτά και για αυτό απαραίτητο είναι να γίνεται ο συχνός καθαρισμός τους. Παρ' όλα αυτά, πολλά συστήματα έχουν τη δυνατότητα αυτοκαθαρισμού.



Εικόνα 62: Σχηματική αναπαράσταση μεθόδου διήθησης.

Η μέθοδος του κυκλωνικού διαχωρισμού εκμεταλλεύεται τη χρήση των φυγοκεντρικών δυνάμεων. Πιο αναλυτικά, το νερό έρματος εισέρχεται στο άνω μέρος του συστήματος, εφαπτομενικά και με υψηλή ταχύτητα. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται σπειροειδής καθοδική κίνηση ενώ ταυτόχρονα σωματίδια με πυκνότητα μεγαλύτερη από αυτή του νερού εκτοξεύονται περιφερειακά και λόγω του κωνικού σχηματισμού του συστήματος συγκεντρώνονται στο κάτω μέρος. Από εκεί συλλέγονται και απορρίπτονται στον ίδιο τόπο ερματισμού ενώ το διαχωρισμένο και επεξεργασμένο πλέον νερό ανεβαίνει κεντρικά της κατασκευής και παραλαμβάνεται για την συνέχεια της διαδρομής του (είτε σε επόμενο σύστημα επεξεργασίας είτε στις δεξαμενές έρματος). Το

πρόβλημα που παρουσιάζει αυτή η μέθοδος, είναι η αδυναμία διαχωρισμού σωματιδίων με πυκνότητα ίση ή μικρότερη από αυτή του νερού.



Εικόνα 63: Σχηματική αναπαράσταση μεθόδου κυκλωνικού διαχωρισμού.

Ως βασικό πλεονέκτημα των συγκεκριμένων μεθόδων, είναι η φιλικότητα τους προς το περιβάλλον, ενώ παρουσιάζουν αρκετά μειονεκτήματα όπως το υψηλό κόστος μηχανισμών, την παρουσία πτώσης πίεσης και την αδυναμία συγκράτησης πολύ μικρών οργανισμών όπως είναι οι ιοί. Λόγω λοιπόν της χαμηλής αποδοτικότητας τους σε πολύ μικρούς οργανισμούς, οι μηχανικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σαν στάδιο προ-επεξεργασίας γι' αυτό κρίνεται απαραίτητο σχεδόν πάντα να χρησιμοποιούνται συνδυαστικά με άλλες. (Κοτρίκλα, 2015)

2.8.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην επεξεργασία του υδάτινου έρματος με χημικές μεθόδους χρησιμοποιούνται δραστικές ουσίες και παραπροϊόντα τους, τα οποία εξασφαλίζουν απολύμανση του νερού άρα και εξουδετέρωση των επιβλαβή οργανισμών, πριν αυτό απορριφθεί στην θάλασσα. Τα παραπροϊόντα αυτά παράγονται κατά την απολύμανση σε συνδυασμό της δραστικής ουσίας, με τις ουσίες που περιέχει το θαλασσινό νερό. Άλλοτε είναι χρήσιμα και άλλοτε μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα

στη θαλάσσια περιοχή του αφερματισμού (τόπος φόρτωσης). Προβλήματα επίσης μπορούν να προκαλέσουν και οι ίδιες οι δραστικές ουσίες κατά το άδειασμα των δεξαμενών στη θάλασσα, γι' αυτό πολλές φορές κρίνεται απαραίτητη η επιπλέον επεξεργασία του απολυμασμένου νερού προκειμένου να αδρανοποιηθούν οι βλαβερές χημικές ουσίες. Σε καμία περίπτωση δεν είναι επιθυμητή η παρουσία νέας ρύπανσης στη προσπάθεια εξόντωσης των βιοεισβολών που περιέχονται στο νερό όποτε για την έγκριση τέτοιων συστημάτων θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν όλα τα ζητήματα.

Κάθε ουσία που επιλέγεται για την επίτευξη της απολύμανσης θα πρέπει να χρησιμοποιείται με τρόπο τέτοιο, ώστε οι άνθρωποι και το περιβάλλον να παραμένουν πάντα προστατευμένοι. Μερικές από τις ουσίες που χρησιμοποιούν ως επί το πλείστον είναι το Χλώριο, το Όζον και η Μεναδιόνη τα οποία αναλύονται παρακάτω.

Το χλώριο παρατηρείται κυρίως υπό τη μορφή μοριακού χλωρίου (" Cl_2 "), υποχλωριώδους οξέος (" HOCl ") και υποχλωριώδους ανιόντος (" OCl^- ") και είναι διαλυτό στο νερό. Η δράση του χρησιμοποιείται συνήθως στην απολύμανση πόσιμου νερού γιατί είναι τοξικό σε βακτήρια, ιούς και πρωτόζωα. Ως μειονέκτημα θεωρείται το γεγονός πως αντιδρά με τις ουσίες του θαλασσινού νερού, με αποτέλεσμα την παραγωγή παραπροϊόντος χλωρίωσης όπως είναι το χλωροφόρμιο. Έτσι απαραίτητη κρίνεται η αδρανοποίηση του πριν τον αφερματισμό.

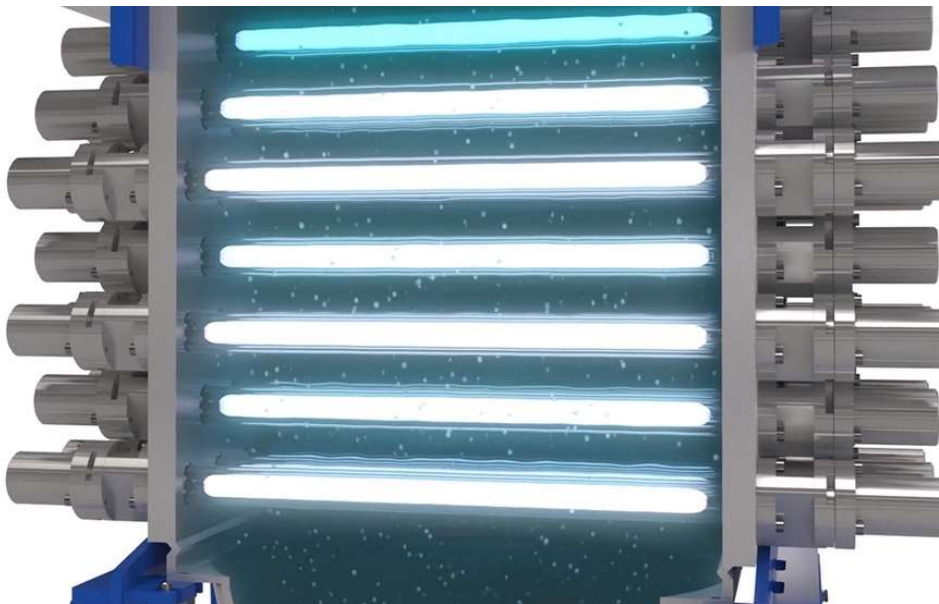
Το όζον (" O_3 ") είναι αέριο το οποίο βοηθάει στην εξουδετέρωση μικροοργανισμών αντιδρώντας με στοιχεία που περιέχονται στο έρμα. Για την επιτυχή πραγματοποίηση του συγκεκριμένου στόχου απαραίτητη είναι η χρήση μηχανισμού, ο οποίος υπό τη μορφή φυσαλίδων διοχετεύει το όζον εντός του νερού έρματος και στη συνέχεια εντός των δεξαμενών. Βασικά μειονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η ανικανότητα εξουδετέρωσης μεγάλων οργανισμών και το γεγονός πως απαιτούνται μεγάλες εγκαταστάσεις εντός του πλοίου, κάτι το οποίο είναι περιορισμένο.

Σχετικά με την Μεναδιόνη είναι τοξική σε ασπόνδυλα και στα αυγά τους. Τα αυγά πολλές φορές βρίσκονται σε κατάσταση αδράνειας λόγω του εχθρικού περιβάλλοντος εντός των δεξαμενών χωρίς αυτό να σημαίνει πως σε περίπτωση που βρεθούν σε ευνοϊκές πάλι συνθήκες δεν θα μπορέσουν να εκκολαφθούν. Πριν τον αφερματισμό θεωρείται απαραίτητη η αδρανοποίηση του. **(GESAMP, 2019)**
(Κοτρίκλα, 2015)

2.8.3 ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Όλες οι φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας είναι φιλικές προς το περιβάλλον μιας και δεν παράγουν παραπροϊόντα. Η επεξεργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (“UV”), με αποξυγόνωση, με σπηλαιώση και θέρμανση.

Η υπεριώδης ακτινοβολία χρησιμοποιείται και στα νοσοκομεία διότι είναι ικανή να βλάψει τους οργανισμούς τόσο, ώστε να μην μπορούν να αναπαραχθούν αλλά και προφυλάσσει από τη διάδοση των ασθενειών. Στην περίπτωση του έρματος οι μικροοργανισμοί οι οποίοι μπορεί να βλάψει είναι το φυτοπλαγκτόν, το ζωοπλαγκτόν, τα ανθρώπινα παθογόνα και τα βακτήρια. Θεωρείται μια από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους για τους μικροοργανισμούς αλλά η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται εξ ολοκλήρου από την διαπερατότητα του νερού. Γι’ αυτό πολλές φορές χρησιμοποιείται συνδυαστικά με άλλες μεθόδους και κυρίως μηχανικές. Ως μειονέκτημα, είναι μια ακριβή μέθοδος λόγω υψηλής κατανάλωσης ενέργειας. Τέλος, υπάρχει δυνατότητα εφαρμογής κατά την εισαγωγή ή/και κατά την εκκένωση του νερού έρματος, ενώ συνήθως για καλύτερα αποτελέσματα εφαρμόζεται και στις δυο διαδικασίες.



Εικόνα 64: Τομή συσκευής διάδοσης “UV” ακτινοβολίας.

Η αποξυγόνωση μέσω συγκεκριμένων τεχνικών αφαιρεί όλο το οξυγόνο που είναι διαλυμένο εντός του νερού ενώ συνήθως αντικαθίσταται από αδρανή αέρια για αποφυγή οξειδωτικών

επιδράσεων. Με αυτή η μέθοδος, όπως γίνεται αντιληπτό, επηρεάζονται όλοι οι οργανισμοί στους οποίους είναι απαραίτητο το οξυγόνο για να ζήσουν. Σαν μειονέκτημα, απαιτεί πολύ χρόνο για την ολοκλήρωση της επεξεργασίας όλης της ποσότητας νερού σε σχέση με άλλες, γι' αυτό και δεν επιλέγεται να εγκαθίσταται σε πλοία με σύντομα δρομολόγια.

Η σπηλαίωση πετυχαίνει μείωση πίεσης του νερού εντός των σωληνώσεων με χρήση υπερήχων ή έγχυσης αερίου δημιουργώντας και στις δύο περιπτώσεις φυσαλίδες. Στην περίπτωση υπερήχων, κατά τη μετάδοση κύματος του ήχου πραγματοποιούνται αυξομειώσεις πίεσης και στις περιοχές με μειωμένη πίεση δημιουργούνται φυσαλίδες υδρατμού. Έτσι, οι φυσαλίδες καταπονούν τις μεμβράνες των μικροοργανισμών, κάνοντάς τους να μην μπορούν να αναπαραχθούν. Ως μειονέκτημα θεωρείται πως εκτός από τους μικροοργανισμούς καταπονούνται και το εσωτερικό των σωληνώσεων προκαλώντας διαβρώσεις.

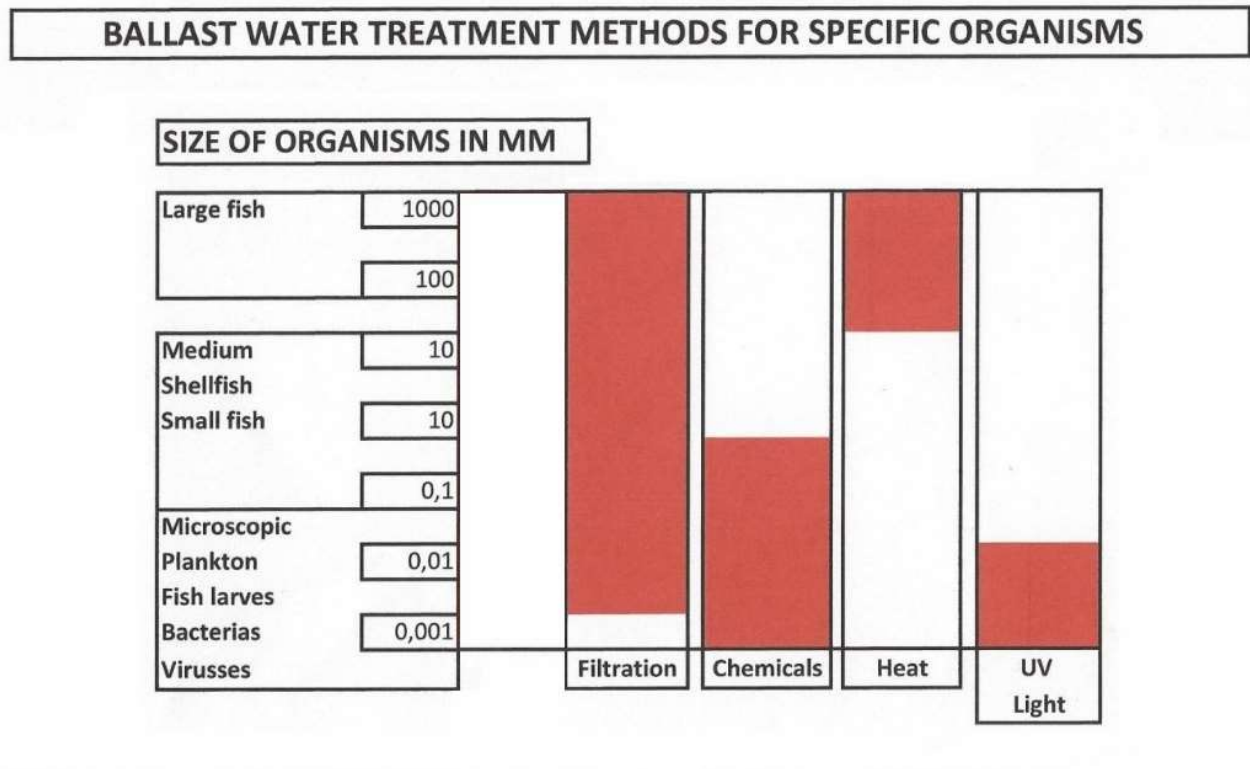
Στη μέθοδο της θέρμανσης χρησιμοποιείται το νερό ψύξης των κινητήριων μηχανών προκειμένου να αυξηθεί η θερμοκρασία του νερού έρματος. Αυτό κάνει το σύστημα πολύπλοκο καθώς απαιτεί πολλαπλές τροποποιήσεις στο ήδη υπάρχον σύστημα. Σαν μέθοδος θεωρείται αποτελεσματική κυρίως σε μεγαλύτερους οργανισμούς όπως μικρά ψάρια σε αντίθεση με μικρότερους οργανισμούς που δεν είναι ικανή να τους καταπολεμήσει. Παρουσιάζουν υψηλό κόστος εγκατάστασης και πιθανή παρουσία διάβρωσης στα εσωτερικά ελάσματα των δεξαμενών.

Συνοψίζοντας, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλες οι μέθοδοι επεξεργασίας υδάτινου έρματος καθώς και τα οφέλη τους.

Πίνακας 2.3: Μέθοδοι επεξεργασίας υδάτινου έρματος

Απεργασία	Περιγραφή	Οφέλη	Στόλια
Μηχανικές Μέθοδοι			
Διήθηση	Αυτοκαθαριζόμενα με αναρροή φίλτρα 40-50 μm που χρησιμοποιούνται κατά τον ερματισμό.	Το ρεύμα καθαρισμού απορρίπτεται στο λιμάνι ερματισμού. Δεν παράγονται παραπροϊόντα.	Απομακρύνονται τα μεγαλύτερου μεγέθους αιωρούμενα σωματίδια και οργανισμοί (π.χ. ζωοπλαγκτόν). Εάν έχει προηγηθεί κροκιδώση και συσσωμάτωση, αυξάνεται η αποτελεσματικότητα της διήθησης.
Κυκλωνικός διαχωρισμός	Φυγοκεντρική περιστροφή υψηλής ταχύτητας του νερού με σκοπό τον διαχωρισμό και την απομάκρυνση των σωματιδίων σε υδροκυκλώνες.	Εναλλακτική της διήθησης και υπό συνθήκες αποτελεσματικότερη μέθοδος.	Η αποτελεσματικότητα εξαρτάται από την πυκνότητα των σωματιδίων σε σχέση με την πυκνότητα του νερού, το μέγεθος των σωματιδίων, την ταχύτητα περιστροφής και τον χρόνο. Η κροκιδώση τη βελτιώνει.
Κροκιδώση (coagulation)	Το θαλασσινό νερό περιέχει αιωρούμενο υλικό σε κολλοειδείς διαστάσεις (< 1 μm). Με την προσθήκη κροκιδωτικού (άλατα τρισθενούς σιδήρου ή αργιλίου ή ένα πολυμερές) οι αποσπαστικές δυνάμεις μεταξύ των κολλοειδών σωματιδίων εξουδετερώνονται, με αποτέλεσμα να προσεγγίζουν μεταξύ τους και να συσσωματώνονται, αυξάνοντας έτσι το μέγεθός τους.	Η αύξηση του μεγέθους του κολλοειδούς υλικού βελτιώνει την απόδοση της διήθησης ή του υδροκυκλώνα.	Μπορεί να χρειάζεται πρόσθετη δεξαμενή αποθήκευσης του νερού, με ικανό χρόνο παραμονής, ώστε να ολοκληρωθεί η διαδικασία της κροκιδώσης.
Χημικές Μέθοδοι			
Χλωρίωση	Με μοριακό χλώριο (Cl ₂), υποχλωριώδες οξύ (HOCl) και υποχλωριώδες ανιόν (OCI ⁻). Καταστροφή των κυτταρικών μεμβρανών των οργανισμών.	Καθιερωμένη μέθοδος, που χρησιμοποιείται στην απολύμανση του πόσιμου νερού και σε βιομηχανικές εφαρμογές	Ουσιαστικά αναποτελεσματική σε κύστες, εκτός και αν χρησιμοποιηθεί συγκέντρωση τουλάχιστον 2 mg/L. Αντιδρά με την οργανική ύλη των νερών και δημιουργεί παραπροϊόντα χλωρίωσης, όπως τα τριαλογονωμένα μεθάνια. Η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας εξαρτάται από το pH, τη θερμοκρασία του νερού και το είδος του οργανισμού. Είναι υποχρεωτική η αποχλωρίωση για την απομάκρυνση του υπολειμματικού χλωρίου πριν το νερό απορριφθεί στο περιβάλλον κατά τον αεραρισμό.
Ηλεκτροχλωρίωση (ηλεκτρόλυση)	Με ηλεκτρόλυση μετατρέπεται το Cl ⁻ του ίδιου του θαλασσινού νερού σε υποχλωριώδες ανιόν (OCI ⁻)	Δρα ακριβώς όπως η χλωρίωση. Ελαχιστοποιούνται όμως η αγορά, αποθήκευση και οι χειρισμοί επιβλαβών ουσιών.	Η άλμη που απαιτείται για την παραγωγή OCI ⁻ μπορεί να αποθηκευτεί πάνω στο πλοίο ως πρώτη ύλη. Είναι υποχρεωτική η αποχλωρίωση για την απομάκρυνση του υπολειμματικού χλωρίου πριν το νερό απορριφθεί στο περιβάλλον κατά τον αεραρισμό.
Οζόνωση	Το όζον είναι μια έντονα οξειδωτική και πολύ δραστηρή ένωση εναντίον των βακτηρίων και των ιών.	Εξαιρετικά αποτελεσματική μέθοδος για μικροοργανισμούς.	Το θαλασσινό νερό περιέχει βρώμιο (περίπου 65 mgBr/L). Τα βρωμιούχα ιόντα αντιδρούν με το όζον και δίνουν βρωμικά ιόντα, τα οποία είναι ύποπτα καρκινογόνες. Μπορεί να απαιτείται η εγκατάσταση γεννητριών όζοντος για τις μεγάλες ποσότητες έρματος, πράγμα ακριβό και απαιτητικό σε χώρο.
Διοξειδίο του χλωρίου (ClO ₂)	Δρα όπως η χλωρίωση	Αποτελεσματικό σε όλους τους μικροοργανισμούς. Επίσης είναι αποτελεσματικό σε υψηλής θολερότητας νερά, διότι δεν αντιδρά με την οργανική ύλη.	Το διοξειδίο του χλωρίου έχει χρόνο ημιζωής 6-12 ώρες. Στις συγκεντρώσεις που εφαρμόζεται στο έρμα θεωρείται ότι μπορεί να απορριφθεί με ασφάλεια στη θάλασσα μετά από 24 ώρες.
Υπεροξικό οξύ (CH ₃ CO-OOH) και υπεροξειδίο του υδρογόνου (H ₂ O ₂)	Δρα όπως η χλωρίωση	Ευδιάλυτο στο νερό. Παράγει λίγα επιβλαβή παραπροϊόντα.	Τυπικά απαιτείται σε υψηλές δόσεις. Χρειάζονται Κατάλληλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Είναι σχετικά ακριβό.
Μεναδιόνη (SeaKleen) / Βιταμίνη Κ	Η μεναδιόνη είναι τοξική στα ασπόνδυλα και σε διαπαυσιακά αυγά τους (restingeggs). Τα διαπαυσιακά αυγά βρίσκονται σε μια αδρανοποιημένη κατάσταση λόγω εχθρικών περιβαλλοντικών συνθηκών (απαντώνται σε υπολειμματικό υλικό, όπως το ιζημα στις δεξαμενές έρματος), η οποία όμως μπορεί να αναστραφεί όταν οι συνθήκες το ευνοήσουν.	Ασφαλής στη χρήση	Το επεξεργασμένο νερό με μεναδιόνη χρειάζεται αδρανοποίηση πριν την απόρριψη.
Φυσικές Μέθοδοι			
Υπεριώδης ακτινοβολία	Οι λάμπες υδραργύρου, τοποθετημένες σε σωλήνες γαλαζία, εκπέμπουν υπεριώδη (UV) ακτινοβολία, η οποία αλληλεπιδρά με το DNA των μικροοργανισμών, εμποδίζοντας την αναπαραγωγή τους.	Καθιερωμένη μέθοδος, που χρησιμοποιείται ευρέως στην επεξεργασία νερού (πόσιμου ή για βιομηχανικές χρήσεις). Αποτελεσματική για ευρύ φάσμα μικροοργανισμών.	Απαιτεί καλή διάδοση της ακτινοβολίας UV στο νερό ώστε να είναι αποτελεσματική. Δηλαδή χρειάζεται καθαρό νερό και σωλήνες γαλαζία χωρίς βιούρπανση. Ενισχύεται σε συνδυασμό με όζον, υπεροξειδίο του υδρογόνου, διοξειδίο του τιτανίου.
Αποξυγόνωση	Μείωση της μερικής πίεσης του οξυγόνου στον χώρο της δεξαμενής πάνω από το έρμα με έγχυση αδρανούς αερίου, με σκοπό τον θάνατο των οργανισμών από ασφυξία. Τυπικά απαιτείται χρόνος 1-4 ημερών.	Επιπλέον μπορεί να μειωθεί η τάση για διάβρωση των λαμαρινών των δεξαμενών, λόγω μείωσης οξυγόνου. Εάν μια διάταξη παραγωγής αδρανούς αερίου υπάρχει ήδη επί του πλοίου, η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί μικρό επιπλέον χώρο.	Το αποξυγονωμένο έρμα τοποθετείται σε ειδικά σφραγισμένες δεξαμενές.
Σηπλάωση	Η μείωση της πίεσης του νερού είτε μέσω υπερήχων είτε μέσω έγχυσης αερίου οδηγεί σε δημιουργία φυσαλίδων, οι οποίες καταπονούν τις κυτταρικές μεμβράνες των οργανισμών.	Δεν δημιουργεί επικίνδυνα παραπροϊόντα. Χρησιμό ως προκατεργασία.	Πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με κάποια άλλη μέθοδο κατεργασίας νερού.
Θέρμανση	Με την αύξηση θερμοκρασίας του έρματος μέσω νερού ψύξης των κνητήριων μηχανών του πλοίου, επιταχύνεται εξουδετέρωση όλων των μεγαλύτερων οργανισμών.	Φυλικό προς το περιβάλλον	Παρουσιάζουν υψηλό κόστος εγκατάστασης και πιθανή παρουσία διάβρωσης στα εσωτερικά ελάσματα των δεξαμενών.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ένα γενικό διάγραμμα, μέσα από το οποίο γίνεται κατανοητό το πεδίο εφαρμογής των βασικότερων μεθόδων επεξεργασίας έρματος στα αντίστοιχα μεγέθη οργανισμών.



Εικόνα 65: Διάγραμμα πεδίου εφαρμογής μεθόδων για αντίστοιχα μεγέθη οργανισμών.

Δεδομένου ότι σχεδόν καμία από τις παραπάνω μεθόδους δεν είναι ικανή από μόνη της να καλύψει τις ανάγκες επεξεργασίας υδάτινου έρματος σύμφωνα με τη σύμβαση “BWM”, είναι απαραίτητος ο συνδυασμός διαφόρων μεθόδων. Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλες οι κατασκευαστικές εταιρίες συστημάτων “BWT” καθώς και ο αντίστοιχος συνδυασμός δύο ή περισσότερων μεθόδων που προωθεί η κάθε εταιρία.

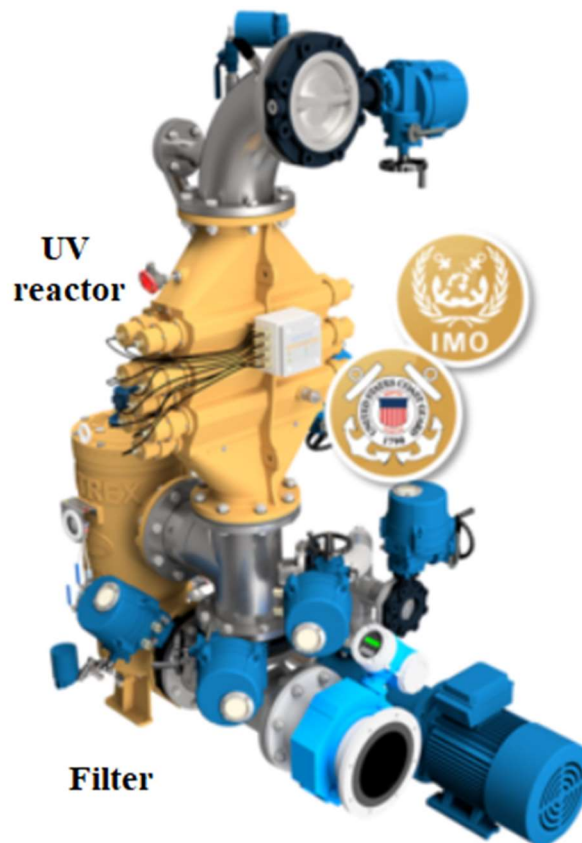
Πίνακας 2.4: Κατασκευαστικές εταιρίες συστημάτων “BWT” και αντίστοιχος συνδυασμός μεθόδων

Manufacturer	Treatment Technology	Manufacturer	Treatment Technology	Manufacturer	Treatment Technology
Alfa Laval Tumba AB	Filtration + UV, Additional oxidation with TiO ₂	Hitachi	Filtration + Coagulants	Oceansaver AS	Filtration + Deoxygenation + Cavitation
atg UV Technology	Filtration + UV	Hyde Marine Inc	Filtration + UV	Optimarin AS	Filtration + UV
Atlas-Danmark	Filtration + Electrolysis/ Electrochlorination	Hyundai Heavy Industries – Eco Ballast	Filtration + UV	Panasia	Filtration + UV
Auramarine Ltd.	Filtration + UV	Hyundai Heavy Industries - HiBallast	Electrolysis/ Electrochlorination Residual Cl ₂ neutralisation	Pinnacle Ozone Solutions	Filtration + Ozonation + Electrolysis/ Electrochlorination
Brillyant Marine	Electric Pulse	JFE Engineering Corporation	Filtration + Chlorination + mixing / agitation + Residual Cl ₂ control	Qingdao Headway Technology Co Ltd	Filtration + Electrocatalysis + Ultrasound
Coldharbour	Deoxygenation + Cavitation	Mahle NFV GmbH	Filtration + UV	Qwater	Filtration + Ultrasound
DESMI Ocean Guard A/S	Filtration + Ozonation + UV	Marengo Technology Group Inc	Filtration + UV	Resource Ballast Technology / Unitor BWTS	Cavitation, ozone, Electrolysis and filtration
Ecochlor Inc	Chlorine-di-oxide	Mexel Industries	Biodegradable non- oxidising biocide	RWO	Filtration + Electrolysis/ Electrochlorination
Electriclor Inc	Filtration + Electrolysis/ Electrochlorination	MH Systems Inc	Deoxygenation with inert gas and CO ₂	Sea Knight Corporation	Vacuum De-Oxygenation + Bio-Remediation
Environmental Technologies Inc	Filtration + Ozonation+ Ultrasound	Mitsui Engineering and Shipbuilding	Hydrodynamic shear, Cavitation and Ozonation	Severn Trent De Nora	Filtration + Electrolysis/ Electrochlorination + residual control
Erma First SA	Hydrocloning + Electrolysis/ Electrochlorination	NEI Treatment Systems LLC	Deoxygenation + Cavitation	Siemens	Filtration + Electrolysis/ Electrochlorination
Hamann AG	Filtration (2 step) + (Peraclean®Ocean)	NK Co., Ltd.	Ozonation	Techcross	Electrolysis/ Electrochlorination
Hamworthy Greenship	Hydrocloning + Electrolysis/ Electrochlorination	Nutech 03	Ozonation	TG Corporation	Filtration + chlorination + mixing / agitation
Hi Tech Marine Pty Ltd	Heat Treatment				
Vitamar, LLC- Seakleen™	Menadione / Vitamin K3 (Seakleen™)				

Ενδεικτικά, στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα συστήματα των εταιριών “Erma First SA” και “DESMI Ocean Guard A/S”.



Εικόνα 66: Σύστημα επεξεργασίας υδάτινου έρματος από την εταιρία “Erma First SA”.



Εικόνα 67: Σύστημα επεξεργασίας υδάτινου έρματος από την εταιρία “DESMI Ocean Guard A/S”.

(Κοτρίκλα, 2015) (GESAMP, 2019) (Apetroaei, et al., 2018) (Rajoo & Omar, 2011) (ErmaFirst, 2019) (DESMIOceanGuard, n.d.)

2.9 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ/ΜΕΘΟΔΟΥ “BWT”

Όσο για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος/μεθόδου επεξεργασίας υδάτινου έρματος, είναι μια σύνθετη διαδικασία καθώς θα πρέπει να ληφθούν πολλοί παράμετροι υπόψιν και έτσι η παγκόσμια ναυτιλία έρχεται αντιμέτωπη με μια σημαντική πρόκληση. Αυτό συμβαίνει, επειδή κάθε σύστημα παίζει σημαντικό ρόλο στην λειτουργία του πλοίου αλλά και έχει τους δικούς του περιορισμούς και πλεονεκτήματα.

Κάθε πλοιοκτήτρια εταιρία θα πρέπει έπειτα από σημαντική μελέτη να επιλέξει το καταλληλότερο σύστημα για κάθε πλοίο ξεχωριστά σύμφωνα με τις ανάγκες του. Στην αγορά δεν υπάρχει ένα συγκεκριμένο σύστημα που να μπορεί να καλύψει τις ανάγκες όλων των πλοίων. Γενικά, οι κυριότεροι παράμετροι επιλογής ενός συστήματος είναι ο χώρος εγκατάστασης, το ηλεκτρικό

φορτίο που καταναλώνει κάθε σύστημα, να πραγματοποιεί με το βέλτιστο δυνατό τρόπο την λειτουργία και το κόστος. Αναλυτικότερα, τα κριτήρια επιλογής μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως προς το:

Πλοίο

- Το είδος του πλοίου και το επιχειρηματικό του προφίλ: Σύμφωνα με τα λιμάνια στα οποία μεταβαίνει το πλοίο θα πρέπει να γίνεται γνωστό σε τι συνθήκες νερού θα γίνεται η επεξεργασία έρματος, ως προς την θερμοκρασία, θολερότητα και αλατότητά του.
- Η χωρητικότητα των δεξαμενών έρματος και ο ρυθμός ερματισμού/αφερματισμού: η ροή του νερού θα πρέπει να είναι ικανή να εκθέτει όλους τους οργανισμούς σε κατάλληλο χρόνο εντός του συστήματος επεξεργασίας αλλά ταυτόχρονα και να μην καθυστερεί τη διαδικασία. Οπότε θα πρέπει να βρεθεί μια ισορροπία μεταξύ των δύο αυτών παραμέτρων. Ενδεικτικά αναφέρεται πως οι ροές των εμπορικών συστημάτων κυμαίνονται κατά κύριο λόγο από 50 m³/h έως και πάνω από 10.000m³/h.
- Ο πρόσθετος φόρτος εργασίας και η εκπαίδευση του πληρώματος: Πιθανόν να απαιτηθούν προσλήψεις νέου και εξειδικευμένου προσωπικού προκειμένου κατά τη λειτουργία του συστήματος να εξασφαλίζεται η ασφάλεια του προσωπικού και του ίδιου του πλοίου.

Σύστημα

- Η πιστοποίηση ασφαλείας: Θα πρέπει το σύστημα εφόσον χρησιμοποιείται με τον σωστό τρόπο χειρισμού και από το κατάλληλο προσωπικό να είναι ασφαλές για το ίδιο το προσωπικό αλλά και για το περιβάλλον (πχ. αποφυγή μολύνσεων λόγω χημικών). Σε περίπτωση χρήσης χημικών ουσιών απαραίτητο κρίνεται να υπάρχουν οδηγίες σχετικά με πρώτες βοήθειες σε περίπτωση που επαφής με το δέρμα και τα μάτια αλλά και σε περίπτωση που εισπνευστεί.
- Η διαθεσιμότητα αναλώσιμων και ανταλλακτικών: Ένας βασικός παράγοντας είναι τα αναλώσιμα και τα ανταλλακτικά του συστήματος, τα οποία σε περίπτωση που χρειαστούν καλό θα είναι να είναι γρήγορα παραδοτέα και να υπάρχει απόθεμα. Έτσι, θα αποφευχθεί τυχόν καθυστέρηση στην συνέχιση της πορείας του πλοίου.
- Ο τεχνικός υποστήριξης: Σε περίπτωση που χρειαστεί διευκρινίσεις το πλήρωμα του πλοίου για κάποιο ζήτημα, όπως καθοδήγηση για χρήση και επισκευή εξαρτήματος, απαραίτητη είναι η ύπαρξη ενός τεχνικού υποστήριξης από την αντίστοιχη εταιρία. Γι' αυτό και λαμβάνεται σοβαρά υπόψιν από τις πλοιοκτήτριες εταιρίες πριν την εγκατάσταση του εκάστοτε συστήματος προκειμένου να υπάρχει διευκόλυνση στα μέλη του προσωπικού τους.

- Ο χρόνο ζωής και η ανθεκτικότητα του συστήματος: Ένα σύστημα θα πρέπει να αντέχει σε βάθος χρόνου και να είναι φτιαγμένο από ανθεκτικά υλικά λόγω χρήσης σε δυσμενής συνθήκες (επεξεργασία αλμυρού νερού) προκειμένου να μην παρουσιάζει συχνές επιπλοκές (πχ. διαρροές, απώλειες ισχύος)
- Η ηλεκτρική ισχύς: Ένας ακόμα πολύ βασικός παράγοντας είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος του συστήματος. Μερικά από τα συστήματα που κυκλοφορούν στο εμπόριο όπως για παράδειγμα τα συστήματα “UV”, οζόνωσης και ηλεκτροχλωρίωσης καταναλώνουν αρκετή ενέργεια με αποτέλεσμα πέρα από το κόστος κατανάλωσης του, να τεθεί απαραίτητη και η αναβάθμιση των ηλεκτρογεννητριών του πλοίο αυξάνοντας και πάλι το κόστος. Σε αντίθεση με τα χημικά τα οποία έχουν υψηλό κόστος αγοράς αλλά χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος.
- Ο όγκος: Κυρίως τα συστήματα επεξεργασίας έρματος τοποθετούνται εντός του μηχανοστασίου και κοντά στις υπάρχουσες αντλίες έρματος ενώ είναι εφικτό να τοποθετηθούν ακόμα και στο κατάστρωμα. Έτσι λοιπόν, σύμφωνα με το χώρο τοποθέτησης, θα πρέπει να επιλεγεί το ανάλογο σύστημα που θα είναι ικανό να χωρέσει.
- Η ευκολία προσαρμογής στο ήδη υπάρχον σύστημα: Κάθε σύστημα έχει και τη δική του πολυπλοκότητα προσαρμογής στα ήδη υπάρχον συστήματα οπότε θα πρέπει να λαμβάνεται και αυτός ο παράγοντας υπόψιν.
- Η διαθεσιμότητα και ο χρόνος παράδοσης: Λόγω πως πρόσφατα τέθηκε σε ισχύ η Σύμβαση “BWM” υπάρχει μεγάλη ζήτηση παράδοσης και εγκατάστασης κάθε συστήματος. Γι’ αυτό, κάθε πλοιοκτήτρια εταιρία σύμφωνα με τους προγραμματισμένους τους ναύλους και το χρόνο παράδοσης που ορίζει ο κάθε κατασκευαστής, επιλέγει το αντίστοιχο σύστημα.
- Η ευκολία συντήρησης: Κάποια από τα συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό της εταιρίας κατασκευής του προκειμένου να πραγματοποιηθεί η συντήρησή τους, σε αντίθεση με άλλα που πραγματοποιείται από το ίδιο το πλήρωμα του πλοίου.
- Το κόστος: Ένα πλοίο σύμφωνα με τον προϋπολογισμό του θα πρέπει να λάβει υπόψιν το κόστος επένδυσης, το κόστος συντήρησης και το λειτουργικό κόστος. Για παράδειγμα για ένα νέο πλοίο δεν το ενδιαφέρει τόσο το κόστος επένδυσης αλλά κατά κύριο λόγο το κόστος συντήρησης και το λειτουργικό κόστος σε αντίθεση με ένα παλαιότερο που θα δώσει μεγαλύτερη βαρύτητα στο κόστος επένδυσης.

Περιβάλλον

- Η αποτελεσματικότητα του συστήματος σύμφωνα με πρότυπο “D2”: Μια από τους βασικότερους παραμέτρους είναι η αποτελεσματικότητα του συστήματος προκειμένου το νερό κατά

τον αφερματισμό να είναι μέσα στα όρια που ορίζει το πρότυπο “D2”, οπότε και να μην πραγματοποιείται η ανεπιθύμητη μεταφορά μικροοργανισμών που εξελίσσονται σε βιοεισβολείς.

➤ Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις: Κάθε ένα σύστημα που επιλέγεται θα πρέπει αφενός να επεξεργάζεται κατάλληλα το υδάτινο έρμα και αφετέρου να μην επιβαρύνει με άλλους τρόπους το περιβάλλον. Όπως για παράδειγμα στην περίπτωση μερικών χημικών που χρησιμοποιούνται αν δεν αδρανοποιηθούν, εφόσον κρίνεται απαραίτητο πριν τον αφερματισμό, είναι ικανά να προκαλέσουν ρύπανση των υδάτων (με όποιες αρνητικές επιπτώσεις έχει αυτό) κάτι το οποίο δεν είναι σε καμία περίπτωση επιθυμητό.

Όπως γίνεται αντιληπτό η επιλογή του κατάλληλου συστήματος δεν είναι εύκολη υπόθεση. Όλες οι πλοιοκτήτριες εταιρίες που έχουν σκοπό να εγκαταστήσουν σύστημα “BWT” πρέπει να πραγματοποιούν σημαντικές μελέτες, λαμβάνοντας υπόψιν όλους τους παραμέτρους που προαναφέρθηκαν, με σκοπό να βρουν το σύστημα που ταιριάζει καλύτερα στα μέτρα τους. (Κοτρίκλα, 2015)

2.10 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ “BWT”

Προκειμένου να εγκατασταθούν τα συστήματα “BWT” σε ένα πλοίο, προαπαιτείται μελέτη για την τροποποίηση των ήδη υπάρχων σωληνώσεων και την εγκατάσταση νέων αλλά και του ίδιου του συστήματος, την οποία αναλαμβάνουν αρμόδιες εταιρίες. Οι εταιρίες αυτές, συχνά με χρήση της τεχνικής της αντίστροφης μηχανικής και έπειτα από μια σειρά διεργασιών που ακολουθούνται, πραγματοποιούν μετρήσεις και σχεδιάζουν τα δίκτυα σωληνώσεων, ενώ τα σχέδια αυτά αποστέλλονται τελικά στο ναυπηγείο στο οποίο πρόκειται να εγκατασταθεί το σύστημα. Εκτενέστερη περιγραφή και ανάλυση της διαδικασίας αυτής αλλά και όλης της διαδικασίας εγκατάστασης των συστημάτων, παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο όπου μέσω μελέτης περίπτωσης θα γίνει περισσότερο κατανοητή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται η συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης, η οποία έχει στόχο την ανάλυση και εξήγηση των βημάτων που ακολουθούνται, για την μελέτη, τον σχεδιασμό και την εγκατάσταση ενός συστήματος επεξεργασίας υδάτινου έρματος υπό πραγματικές συνθήκες. Ακόμα, γίνεται εμφανής η σημαντικότητα χρήσης της αντίστροφης μηχανικής και ειδικότερα στη ναυπηγική βιομηχανία. Η μελέτη περίπτωσης αυτή, είναι βασισμένη σε προσωπική εμπειρία μέσα από την εργασία μου στο ναυπηγείο της Σύρου με την επωνυμία “Onex Neorion Shipyards S.A”. Σε αυτό το διάστημα, εργάστηκα στο τμήμα του Σωληνουργείου όπου μέσω σχεδίων κατασκευάστηκαν οι σωληνώσεις του συστήματος και στη συνέχεια εγκαταστάθηκαν στο πλοίο πάνω στο οποίο γίνεται η μελέτη.

Όλες οι εικόνες που παρατίθενται είναι προϊόν από πραγματική μελέτη στο πλοίο που αναφέρεται παρακάτω. Για λόγους πνευματικών δικαιωμάτων και λόγω έλλειψης άδειας χρήσεως κάποια από τα στοιχεία αποκρύπτονται.

3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ



Εικόνα 68: Πλοίο στο οποίο εγκαταστάθηκε σύστημα επεξεργασίας υδάτινου έρματος.

Το πλοίο πάνω στο οποίο βασίζεται η μελέτη φαίνεται στην παραπάνω εικόνα και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- **Τύπος Σκάφους:** Δεξαμενόπλοιο προϊόντων πετρελαίου
- **Κατάσταση:** Ενεργό
- **Χωρητικότητας Εκτοπίσματος DWT:** 48023 t
- **Ολικό Μήκος:** 179,7 m
- **Μέγιστο Πλάτος:** 32 m
- **Έτος Ναυπήγησης:** 2009
- **Σημαία:** Νήσοι Μάρσαλ

(MarineTraffic, 2020)

3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ-ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ-ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

1^ο Στάδιο: Μελέτη επιλογής είδους συστήματος

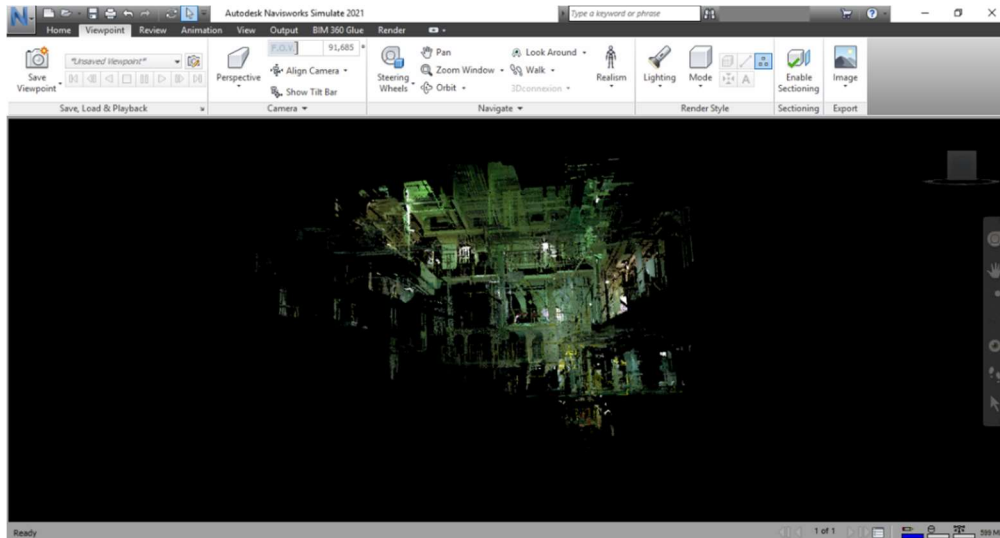
Πρώτο στάδιο για την εγκατάσταση του συστήματος επεξεργασίας υδάτινου έρματος είναι η μελέτη από την πλοιοκτήτρια εταιρία προκειμένου να καταλήξει στο είδος του συστήματος το οποίο θα εγκαταστήσει στο πλοίο. Η επιλογή του γίνεται σύμφωνα με τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, καλύπτοντας παράλληλα όλες τις προδιαγραφές και το αντίστοιχο πρότυπο της Σύμβασης “BWM”. Το σύστημα επεξεργασίας το οποίο επιλέχθηκε για το συγκεκριμένο πλοίο είναι το φιλτράρισμα σε συνδυασμό με υπεριώδης ακτινοβολία “UV”.

2^ο Στάδιο: “3D” Σάρωση Πλοίου

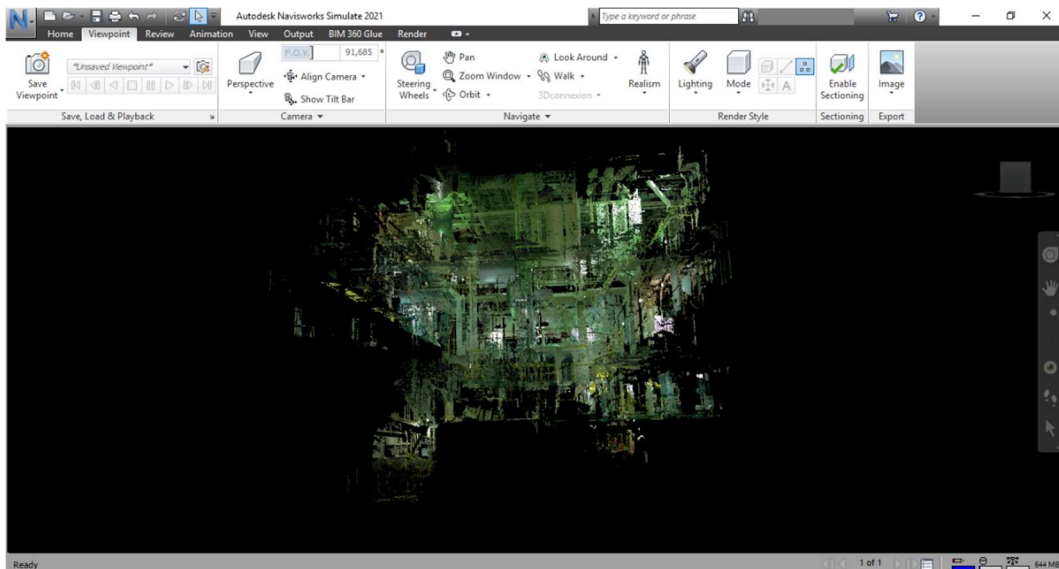
Στη συνέχεια πραγματοποιείται η μέτρηση του χώρου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η πλοιοκτήτρια εταιρία ανέθεσε σε κάποια άλλη εταιρία την τρισδιάστατη σάρωση του πλοίου και πιο συγκεκριμένα του αντλιοστασίου (“Pump Room”) στο οποίο γίνεται η μελέτη και η εγκατάσταση του “BWTS”. Έτσι, πραγματοποιήθηκαν 125 σαρώσεις με χρήση “3D laser” σαρωτή. Σημαντικό κρίνεται να αναφερθεί πως ο αριθμός των σαρώσεων ποικίλει σε κάθε περίπτωση, έτσι ώστε να μην υπάρχουν νεκρές γωνίες παρέχοντας κάλυψη όσο είναι δυνατόν στο 100% του χώρου.

3^ο Στάδιο: Μελέτη και Σχεδιασμός Συστήματος

Κάθε σάρωση έχει ως έξοδο αρχείου ένα νέφος σημείων το οποίο πρέπει να υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία. Τα αρχεία της σάρωσης παραλαμβάνει αρμόδια εταιρία η οποία τα επεξεργάζεται και στη συνέχεια πάνω σε αυτά κάνει την μελέτη. Η επεξεργασία η οποία είναι απαραίτητη για την περίπτωση σχεδιασμού εντός του χώρου σάρωσης και όχι επάνω στον ίδιο το χώρο, είναι μόνο ο συνδυασμός των επιμέρους νεφών. Καμία άλλη επεξεργασία δεν επιβάλλεται παραπέρα, μιας και δεν μας ενδιαφέρει τόσο η υφή των επιφανειών και η δημιουργία “3D” μοντέλου του πλοίου. Οπότε είναι ανούσιο να μετατραπεί το νέφος σε πολυγωνικό πλέγμα και στη συνέχεια επιφάνειες “NURBS”, μιας και το νέφος είναι επαρκές και χρησιμοποιείται αποκλειστικά για μετρητικούς και χωροταξικούς λόγους. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται τυχαία η σάρωση νούμερο 40, η οποία απεικονίζει ένα μέρος του εσωτερικού του πλοίου και στη συνέχεια ο συνδυασμός των σαρώσεων νούμερο 40-41.

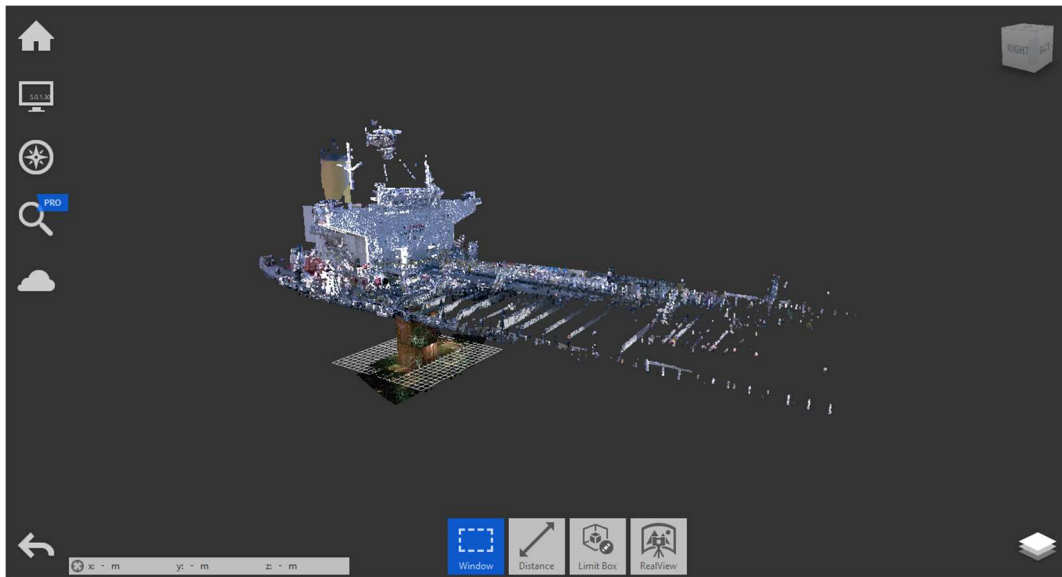


Εικόνα 69: Νέφος σημείων της σάρωσης νούμερο 40.



Εικόνα 70: Συνδυασμός των νεφών από τις σαρώσεις νούμερο 40-41.

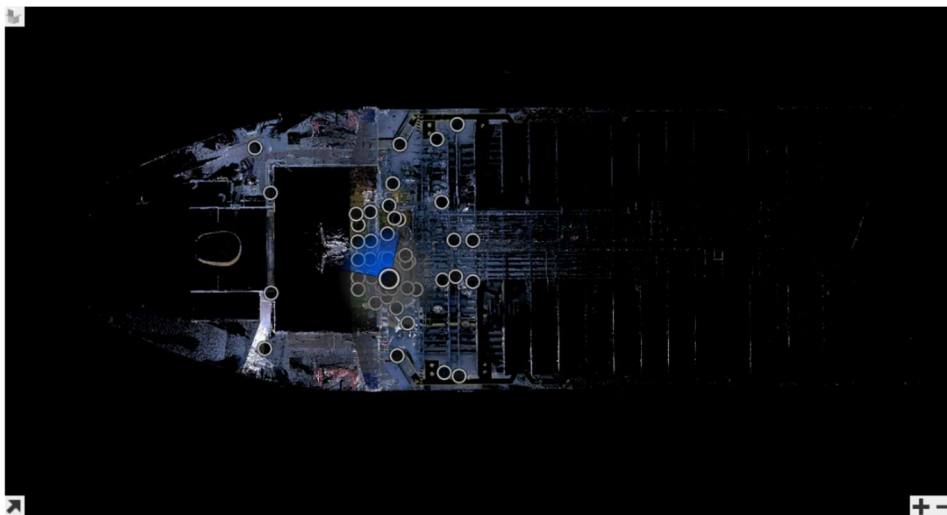
Κατ' αντίστοιχο τρόπο συνδυάζονται μεταξύ τους όλες οι επιμέρους σαρώσεις προκειμένου να παραχθεί το συνολικό νέφος σημείων, κυρίως των χώρων ενδιαφέροντος του πλοίου, το οποίο παρατίθεται στην επόμενη εικόνα.



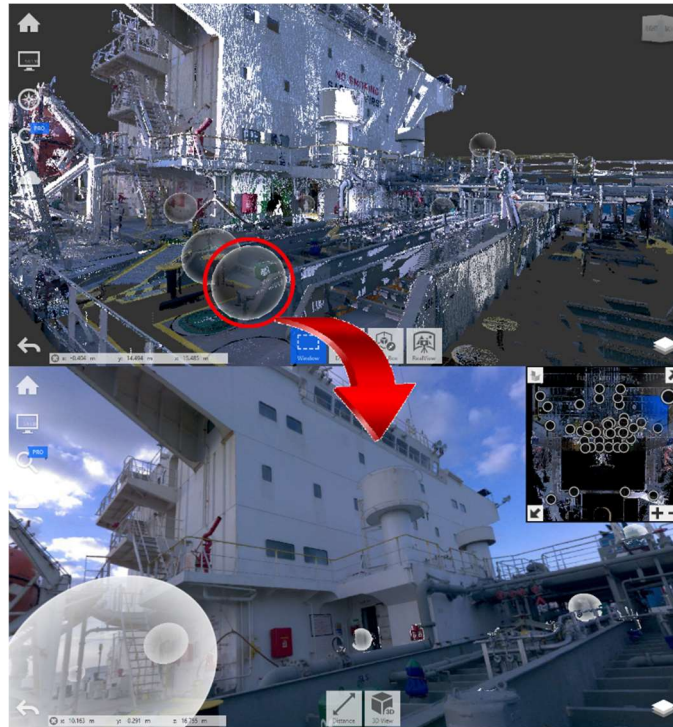
Εικόνα 71: Ο συνδυασμός όλων των επιμέρους νεφών έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία.

Εφόσον λοιπόν έχει ολοκληρωθεί οποιαδήποτε επεξεργασία κρίνεται απαραίτητη και υπάρχει πλέον το ολικό νέφος σημείων, γίνεται μια πρώτη επαφή από το προσωπικό που πραγματοποιεί την μελέτη στο χώρο ενδιαφέροντος.

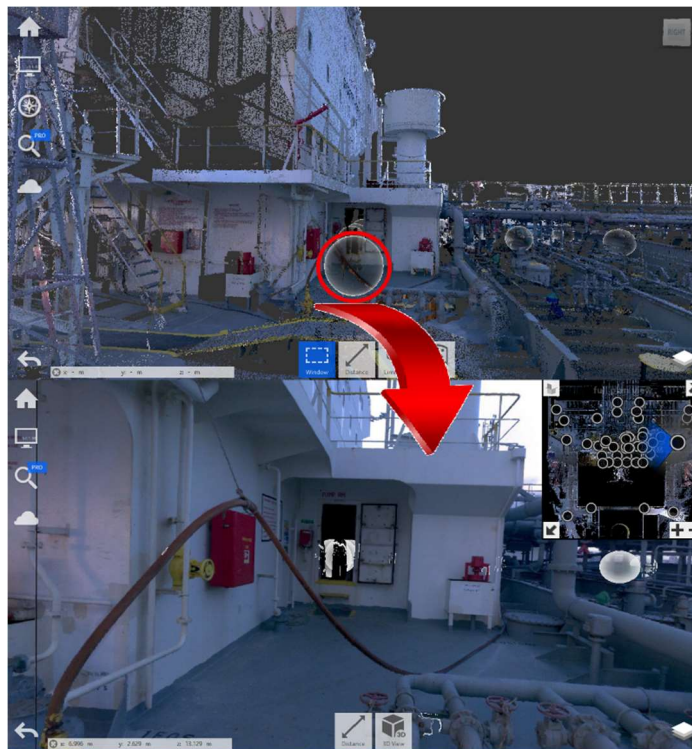
Η πλοήγηση εντός του νέφους σημείων είναι απλή. Κάθε σημείο στο οποίο έχει τοποθετηθεί ο σαρωτής “laser” εμφανίζεται σαν μια φούσκα. Επιλέγοντας κάποια από αυτές πραγματοποιείται πλοήγηση 360° γύρω από αυτήν, με δυνατότητα φωτογραφικής απεικόνισης κάτι το οποίο διευκολύνει τον χειριστή στην περαιτέρω κατανόηση του χώρου και στην μετέπειτα σχεδίαση. Στις επόμενες φωτογραφίες γίνεται μια σύντομη περιήγηση στο πλοίο.



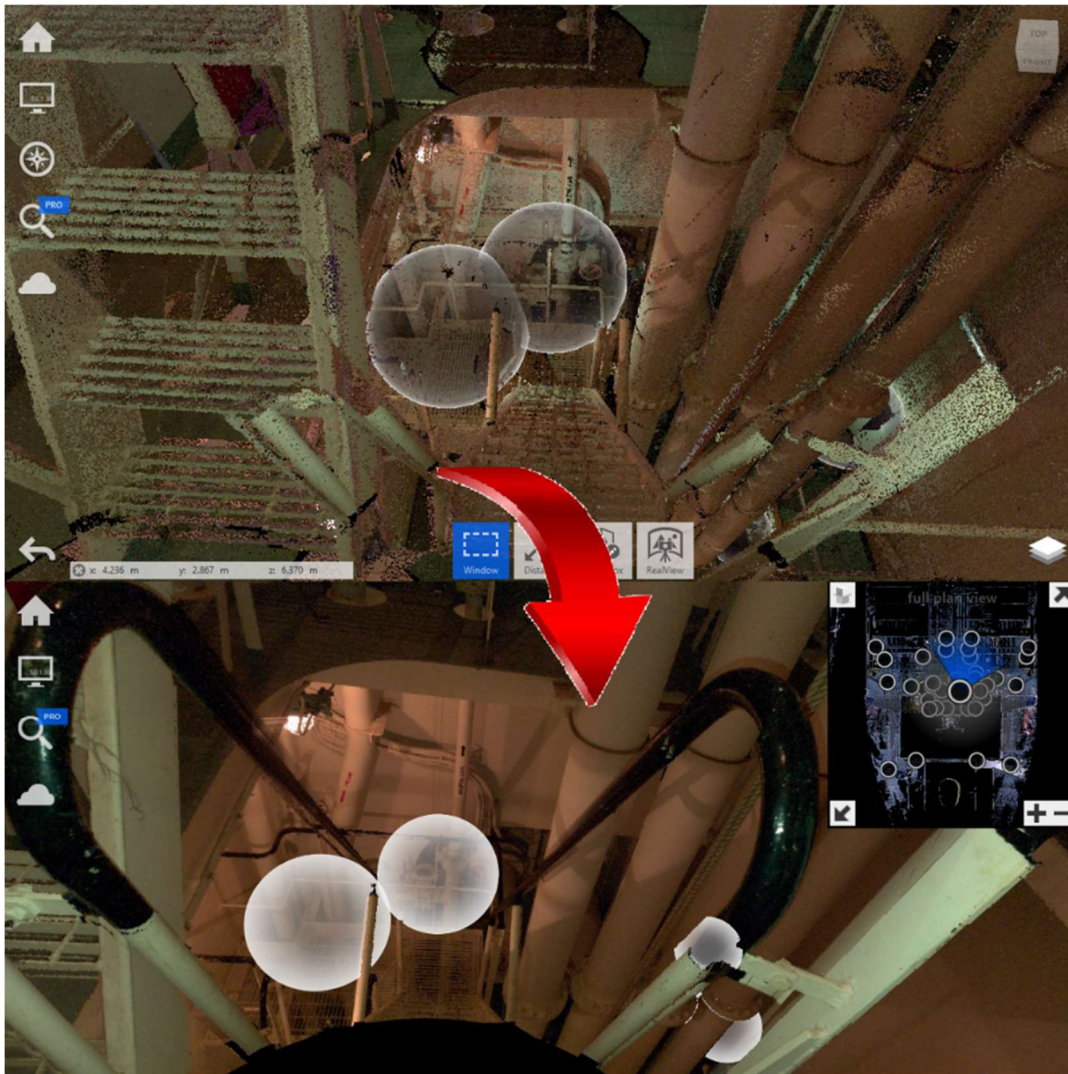
Εικόνα 72: Χάρτης σαρώσεων πλοίου.



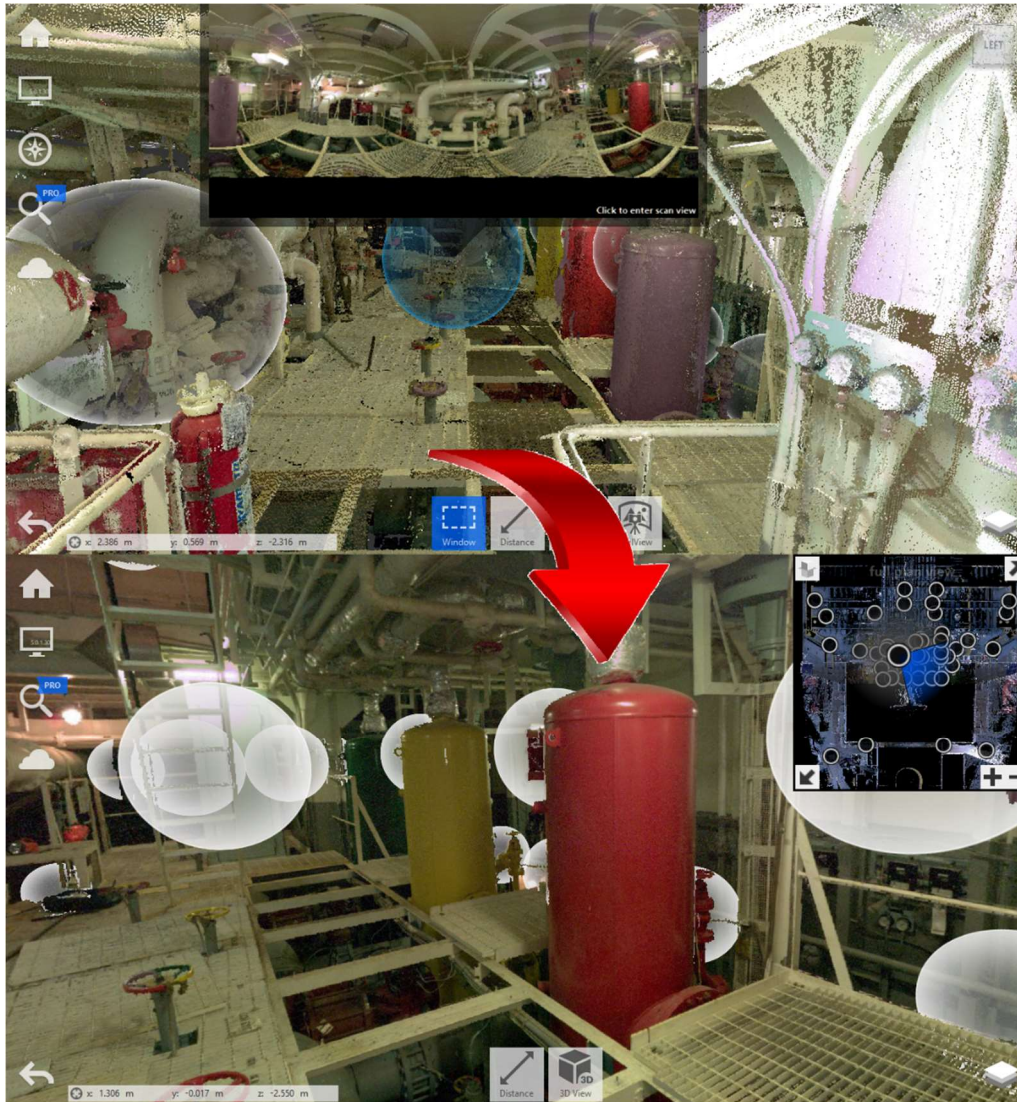
Εικόνα 73: Νέφος εξωτερικά του πλοίου και αντίστοιχη φωτογραφική απεικόνιση μέσα από τη σημειωμένη θέση σάρωσης.



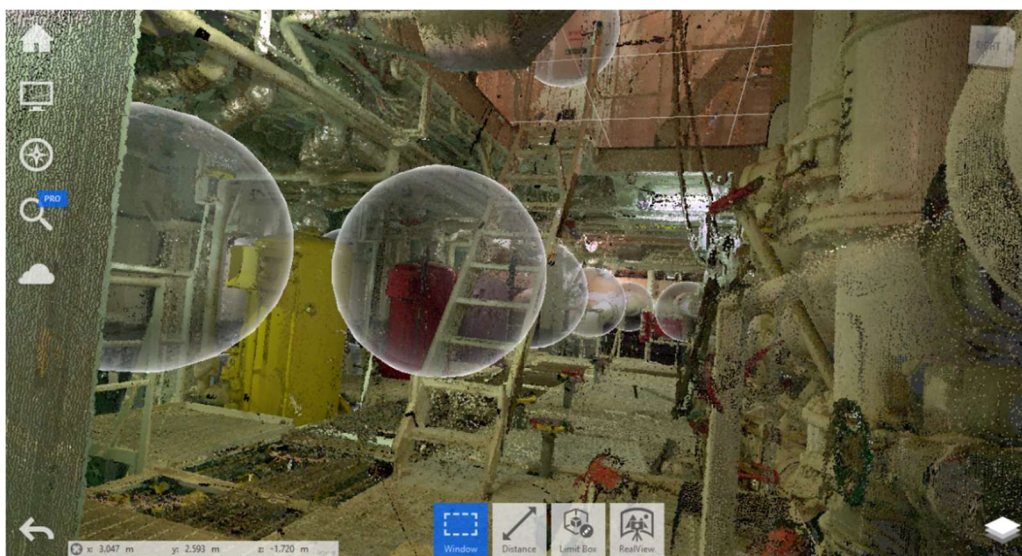
Εικόνα 74: Νέφος εξωτερικά του πλοίου προς την είσοδο του “Pump Room” και αντίστοιχη φωτογραφική απεικόνιση μέσα από τη σημειωμένη θέση σάρωσης.



Εικόνα 75: Νέφος εσωτερικά του πλοίου προς το “Pump Room” και αντίστοιχη φωτογραφική απεικόνιση



Εικόνα 76: Νέφος εσωτερικά του πλοίου στο “Pump Room” και αντίστοιχη φωτογραφική απεικόνιση.

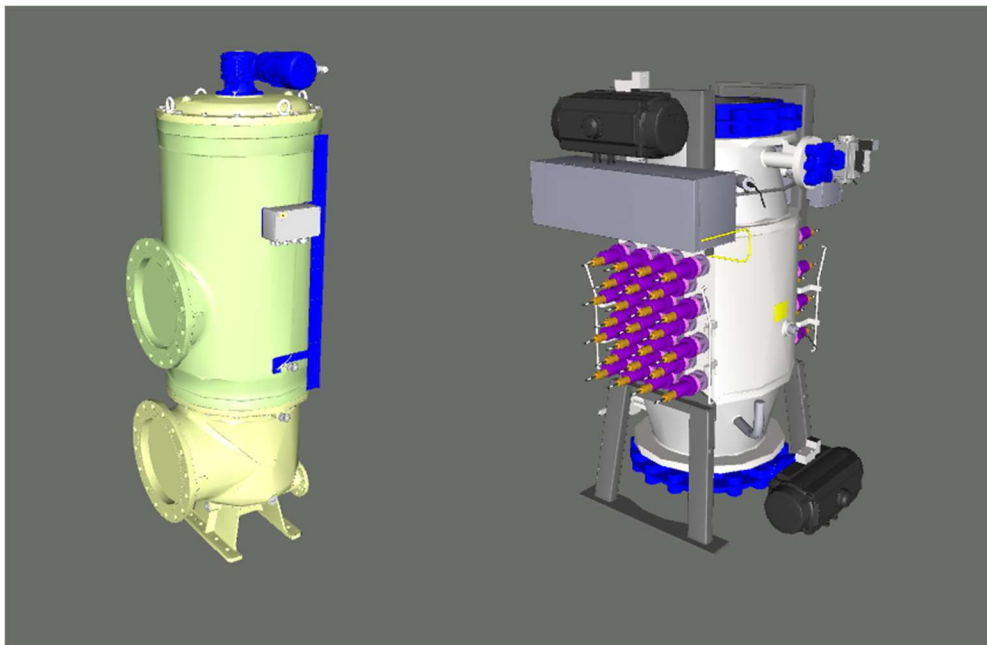


Εικόνα 77: Νέφος εσωτερικά του πλοίου στο “Pump Room” από διαφορετική οπτική γωνία.

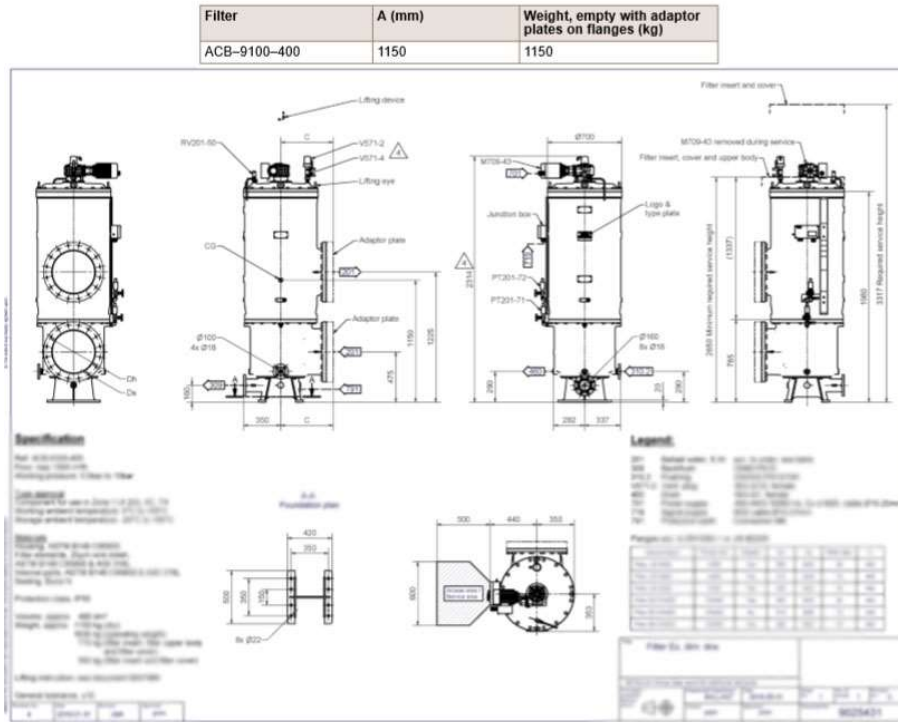
Στη συνέχεια ο χειριστής αναγνωρίζει τις υπάρχων σωληνώσεις εντός του πλοίου έτσι ώστε να είναι σε θέση μετέπειτα κατά το σχεδιασμό να κάνει τυχόν τροποποιήσεις σε αυτές. Ακόμα, αναγκαίο κρίνεται να αναγνωριστούν και οι απαιτήσεις του συστήματος που επιλέχθηκε να εγκατασταθεί, προκειμένου ο χειριστής να γνωρίζει εξ αρχής τα επιμέρους εξαρτήματα του. Αυτά είναι:

- ✓ Τα βασικά συστήματα επεξεργασίας νερού (Φίλτρο και σύστημα “UV”)
- ✓ Οι Σωληνώσεις
- ✓ Τα στηρίγματα συστημάτων και σωληνώσεων
- ✓ Οι Ηλεκτρολογικοί πίνακες
- ✓ Τα Καλώδια

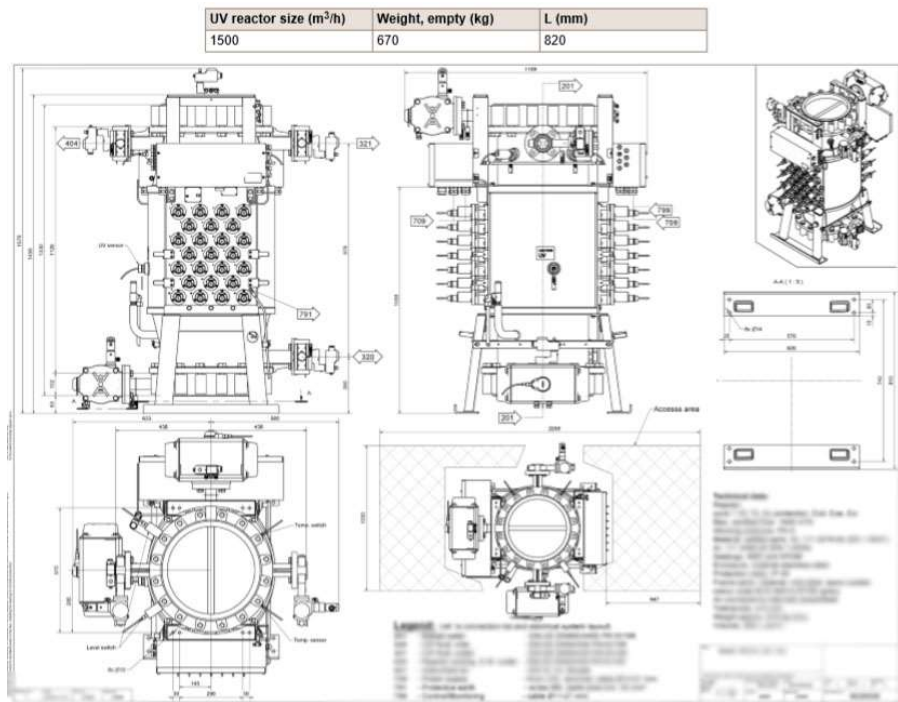
Μετά έρχεται η σειρά του σχεδιασμού του συστήματος εντός του πλοίου, ο οποίος ξεκινάει από την εύρεση κατάλληλης θέσης και τοποθέτησης του φίλτρου και συστήματος “UV”. Τα “3D” μοντέλα αυτών παρέχονται από την εταιρία κατασκευής έτοιμα για τοποθέτηση στο χώρο όπως επίσης και τα σχέδια με τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.



Εικόνα 78: Αριστερά διακρίνεται το Φίλτρο νερού και δεξιά το σύστημα “UV” που επιλέχθηκαν.

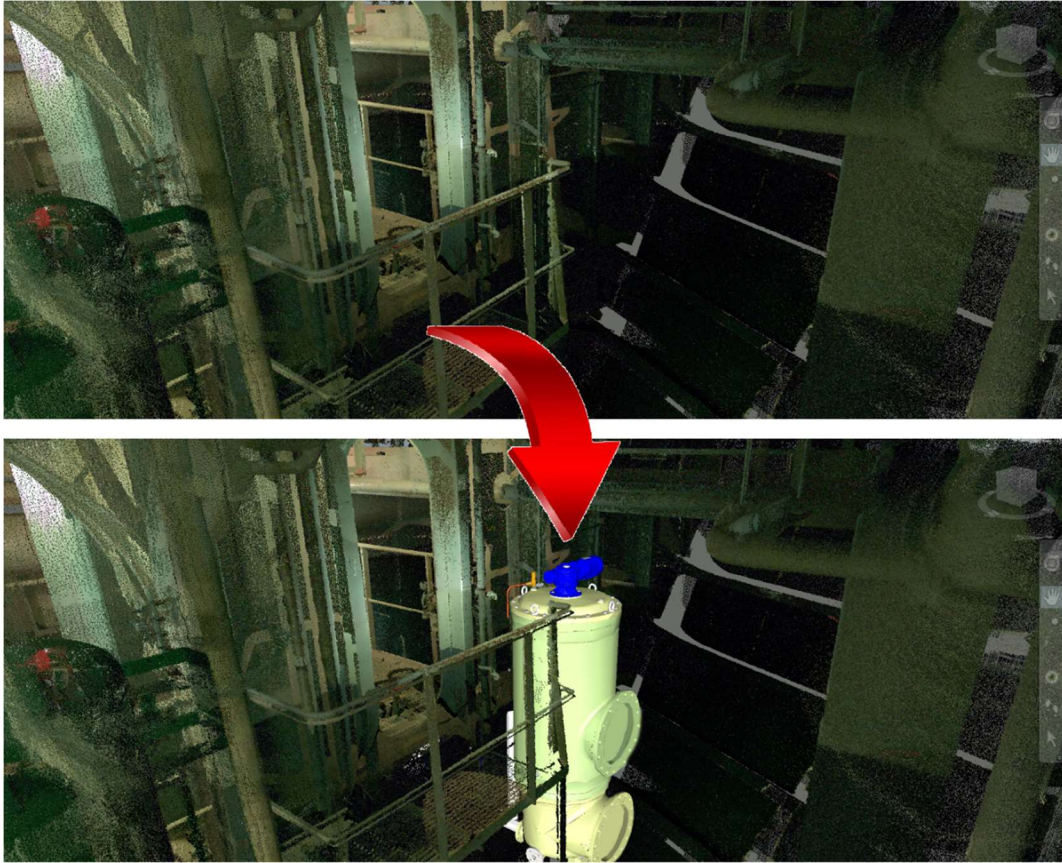


Εικόνα 79: Σχέδια τεχνικών χαρακτηριστικών φίλτρου νερού.

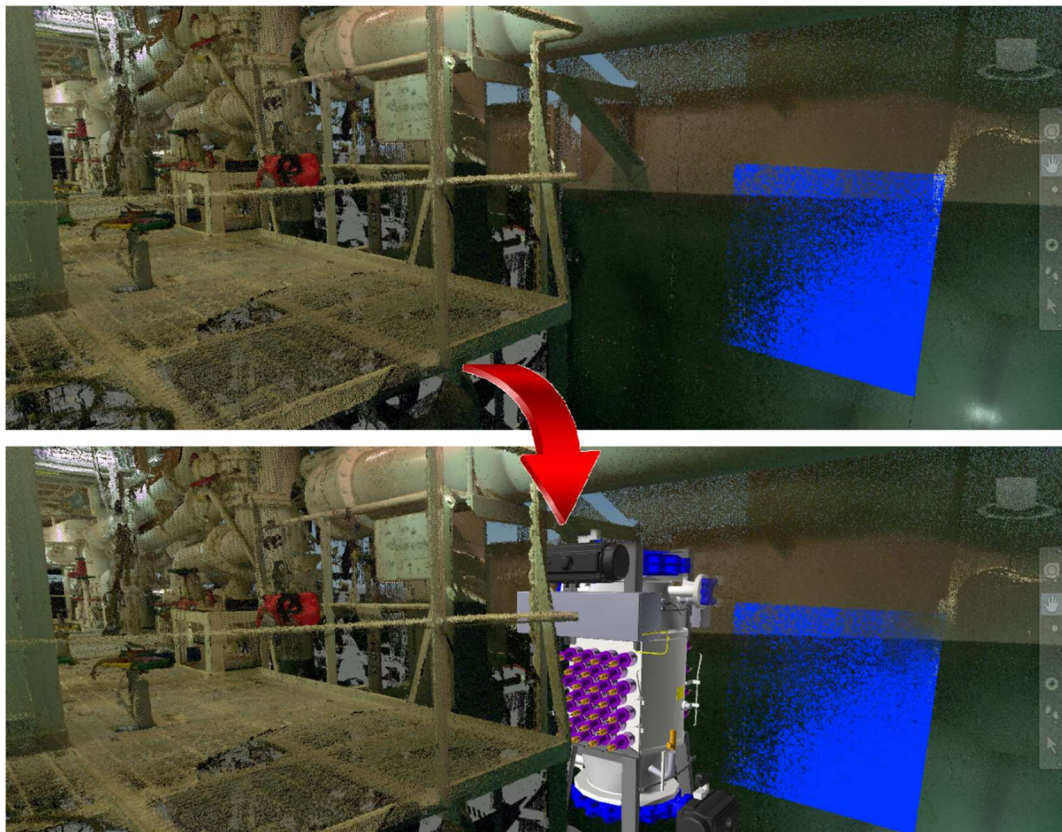


Εικόνα 80: Σχέδια τεχνικών χαρακτηριστικών συστήματος “UV”.

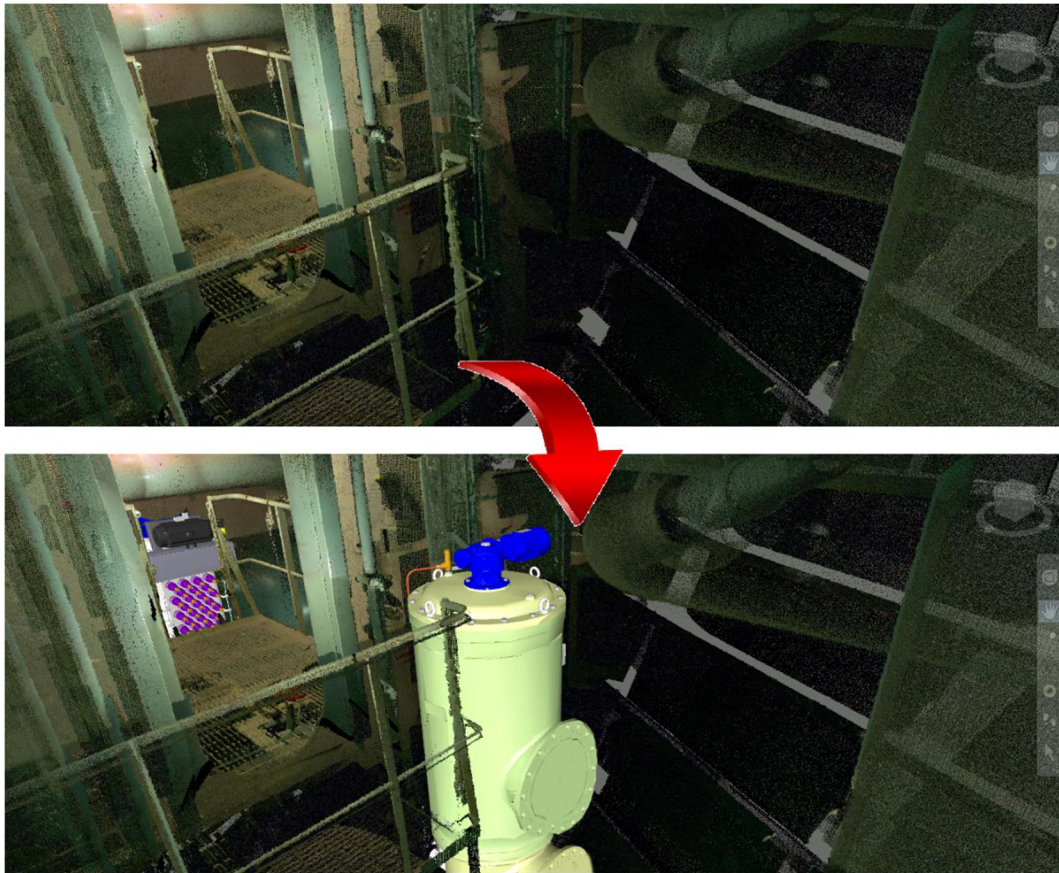
Σε αυτό το σημείο πρέπει ο σχεδιαστής να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός έτσι ώστε να τοποθετηθούν σε σταθερό σημείο, με τη κατάλληλη φορά και με τις προδιαγραφές που δίνει ο κατασκευαστής. Ακόμα, πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν και θέματα που αφορούν τους νηογνώμονες (ναυτιλιακός τεχνικός οργανισμός που οργανώνει κανονισμούς ασφαλείας στα πλοία και στον εξοπλισμό τους). Τα σημεία τα οποία επιλέχθηκαν για τοποθέτηση των συστημάτων φαίνονται στις παρακάτω φωτογραφίες.



Εικόνα 81: Επιλεγμένη θέση φίλτρου νερού.

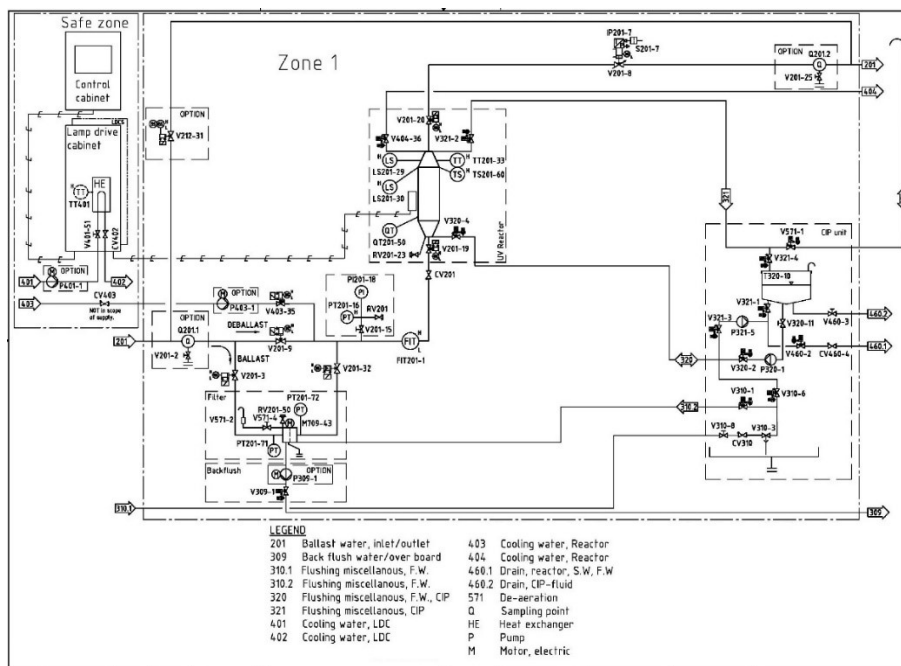


Εικόνα 82: Επιλεγμένη θέση συστήματος “UV”.



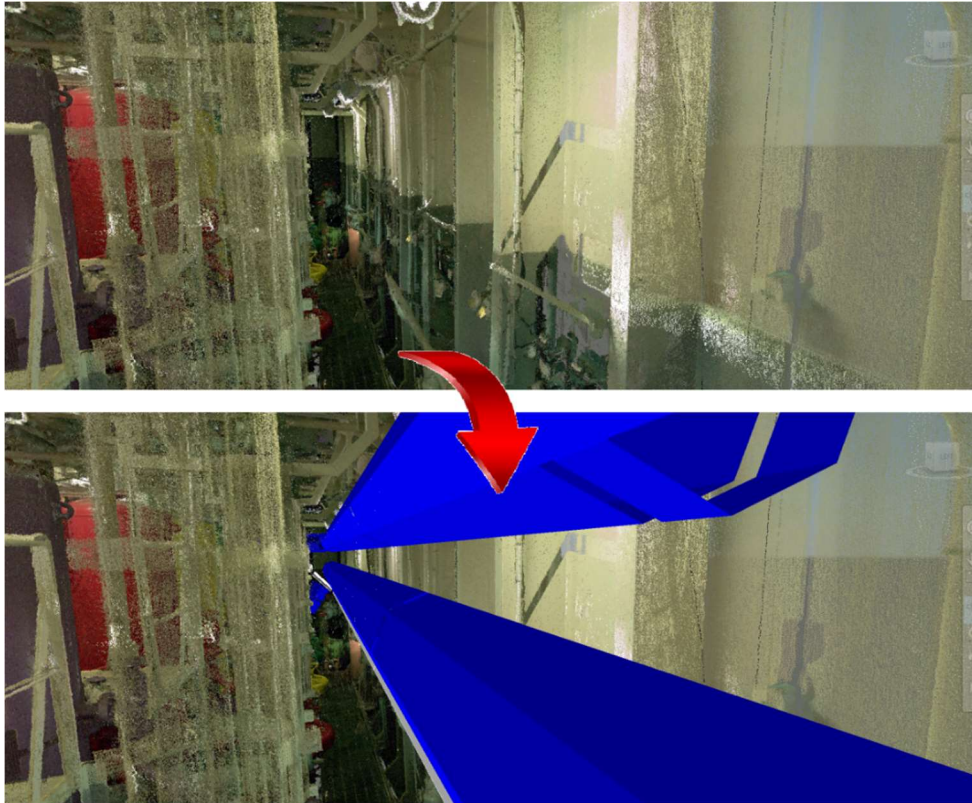
Εικόνα 83: Επιλεγμένες θέσεις φίλτρου νερού και συστήματος “UV” σε μια εικόνα.

Έπειτα, υπολογίζονται και σχεδιάζονται τα “3D” μοντέλα σωληνώσεων με βάση το διάγραμμα ροής και τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, τοποθετώντας τα εντός του νέφους σημείων και εκεί που το επιτρέπει ο χώρος.



Εικόνα 84: Διάγραμμα ροής εγκατάστασης.

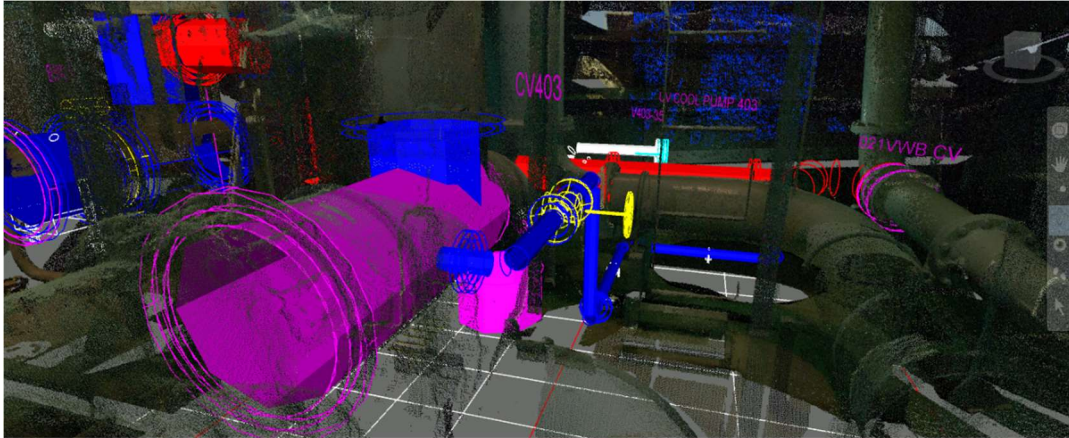
Στις επόμενες φωτογραφίες παρουσιάζονται τα “3D” μοντέλα των σωληνώσεων και των στηριγμάτων τους, έπειτα από το σχεδιασμό τους επάνω στο νέφος σημείων.



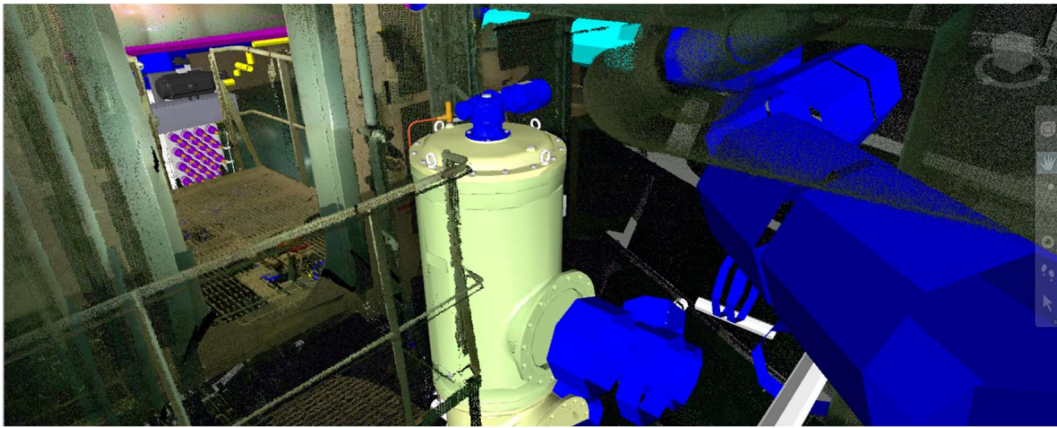
Εικόνα 85: “3D” σχέδια σωληνώσεων εντός τους νέφους.



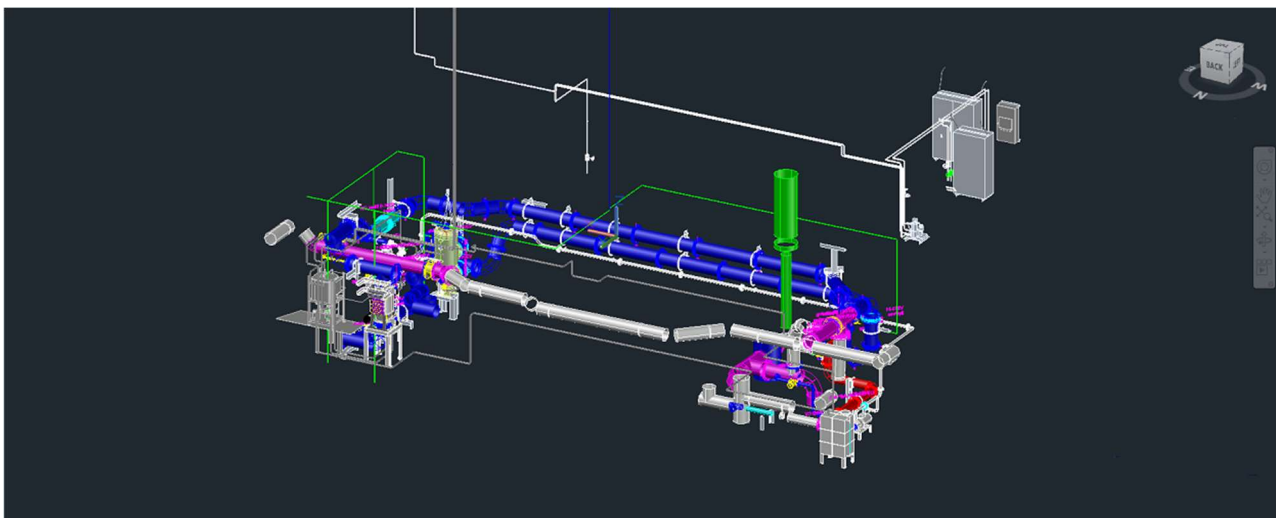
Εικόνα 86: “3D” σχέδια σωληνώσεων εντός τους νέφους.



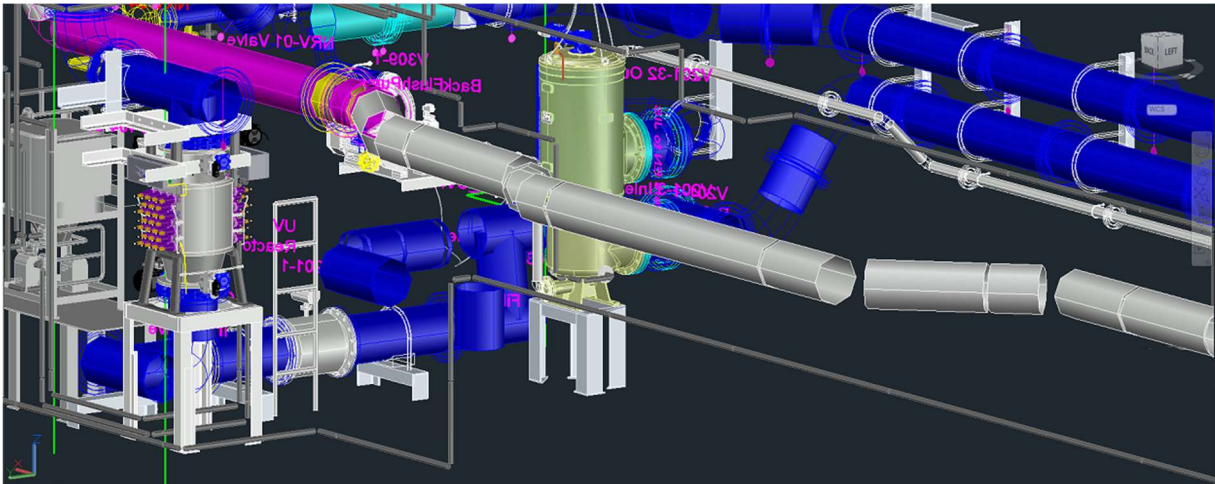
Εικόνα 87: “3D” σχέδια σωληνώσεων εντός του νέφους. Με μωβ χρώμα απεικονίζονται οι ήδη υπάρχον σωληνώσεις που χρειάζονται τροποποίηση ενώ με όλα τα υπόλοιπα χρώματα οι νέες προς κατασκευή σωλήνες. Κάθε διαφορετικό χρώμα σωλήνας παρουσιάζει την διαφοροποίηση ως προς τη διάστασή της.



Εικόνα 88: “3D” σχέδια σωληνώσεων σε συνδυασμό με τα συστήματα επεξεργασίας νερού.

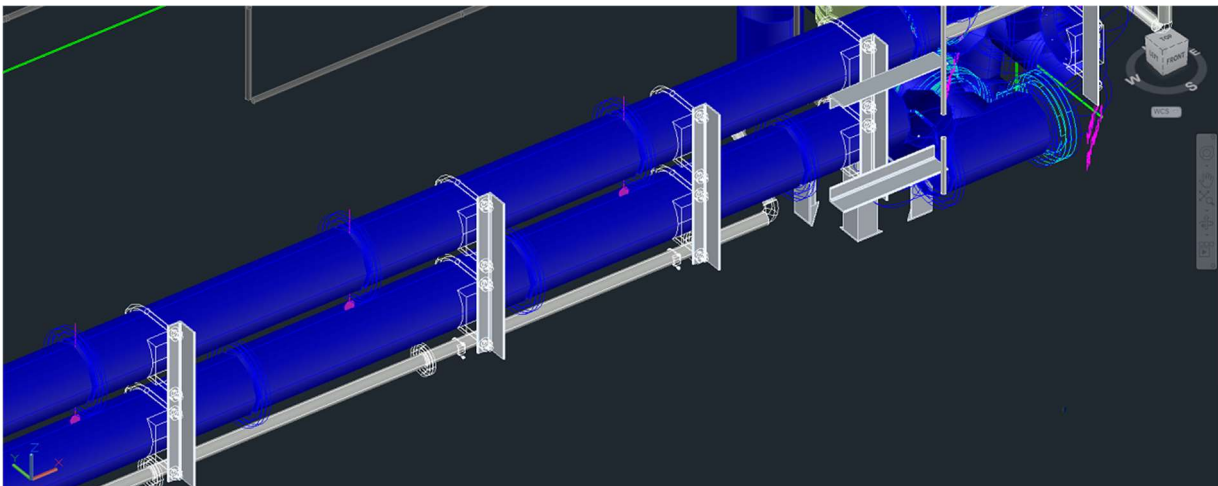


Εικόνα 89: Ολικό σχέδιο της εγκατάστασης παρουσιασμένο σε “3D” μοντέλο.

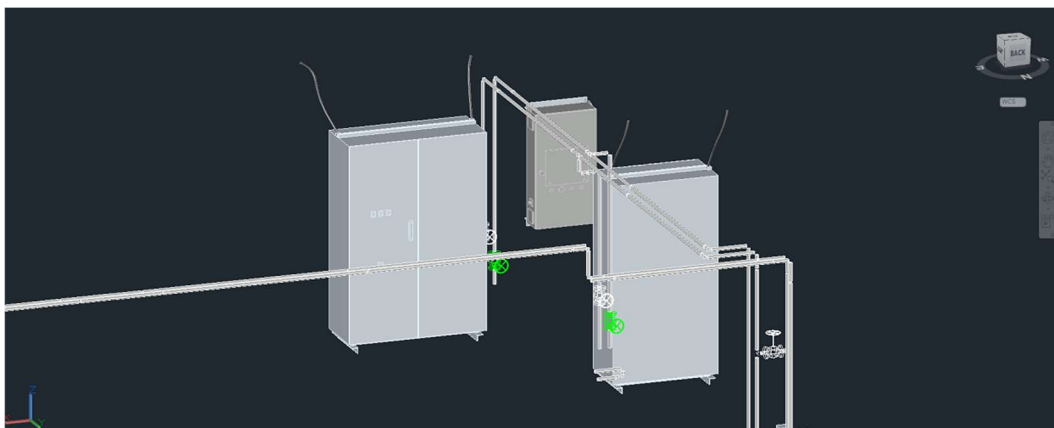


Εικόνα 90: Ολοκληρωμένα “3D” μοντέλα με συστήματα, σωληνώσεις και στηρίγματα σωληνώσεων.

Ενδεικτικά αναφέρεται πως η συγκεκριμένη κατασκευαστική εταιρία του συστήματος παρέχει και σύστημα αυτό-καθαρισμού – συντήρησης “CIP station” με χρήση κατάλληλου καθαριστικού διαλύματος. Το σύστημα αυτό φαίνεται στα αριστερά της εικόνας 3.23.

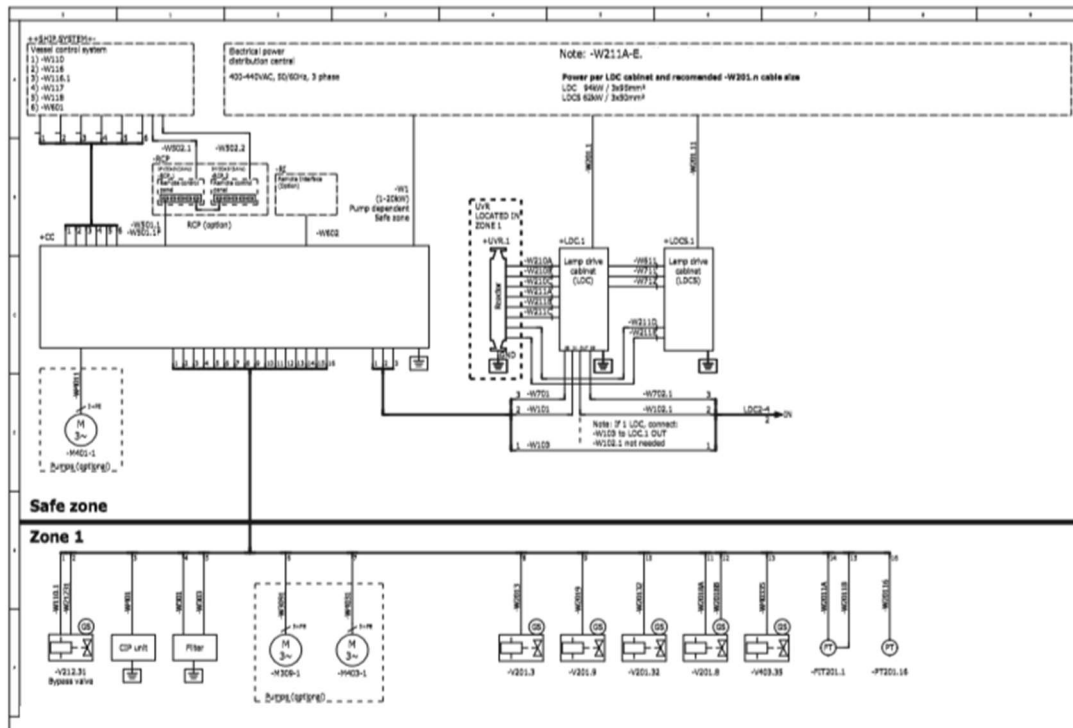


Εικόνα 91: “3D” μοντέλα σωληνώσεων και των στηριγμάτων τους.



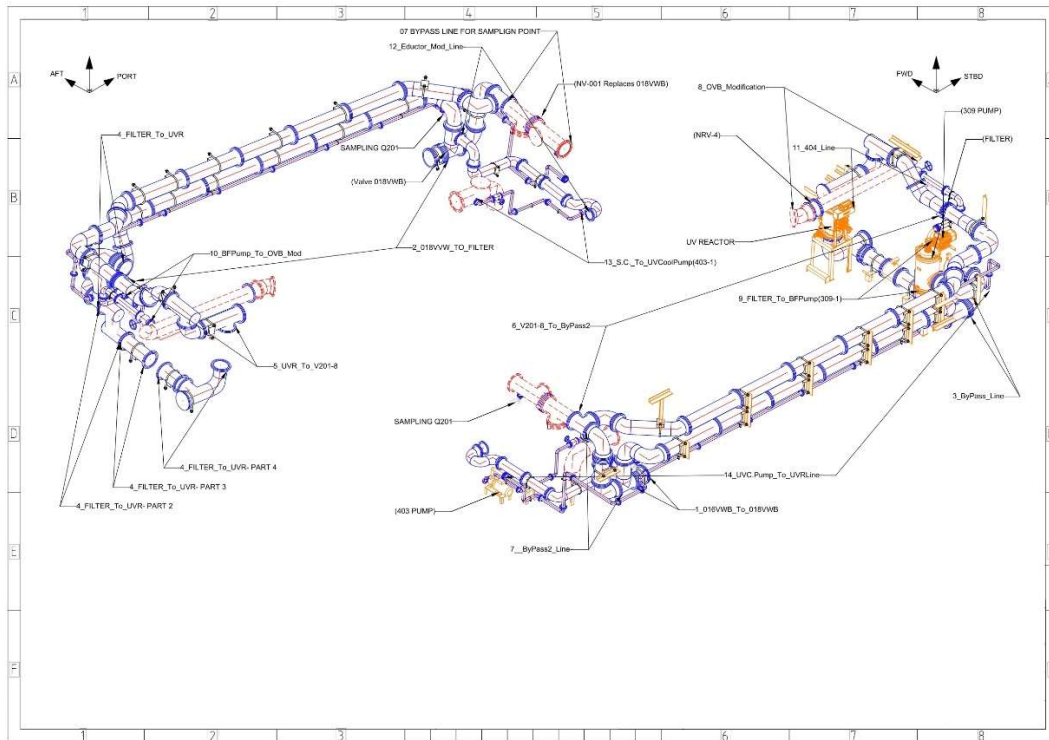
Εικόνα 92: “3D” μοντέλα ηλεκτρολογικού πίνακα, πίνακα ελέγχου και καλωδιώσεων.

Σχετικά με τον σχεδιασμό των “3D” ηλεκτρικών κυκλωμάτων η εταιρία σχεδιασμού βασίζεται επάνω στο ηλεκτρολογικό σχέδιο της κατασκευαστικής εταιρίας του συστήματος το οποίο φαίνεται παρακάτω.

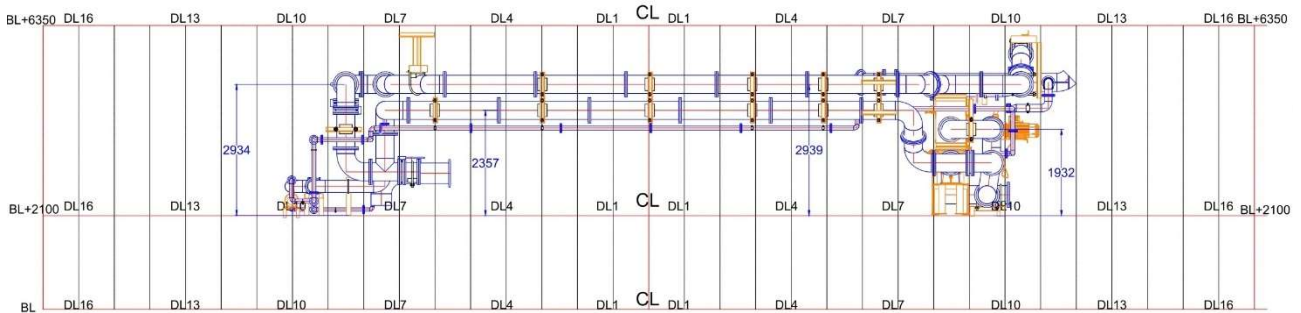


Εικόνα 93: Γραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο εγκατάστασης.

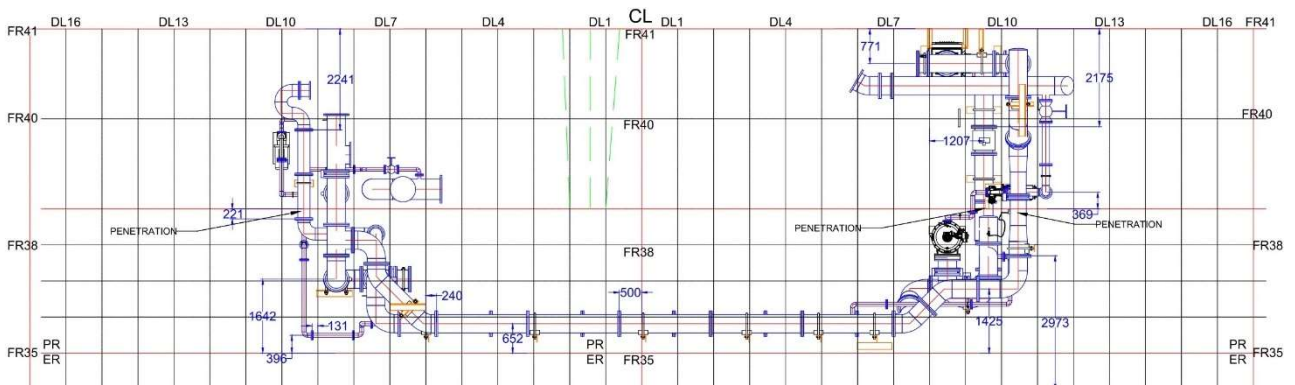
Μετά, σύμφωνα με τα “3D” μοντέλα δημιουργούνται τα κατασκευαστικά σχέδια όλης της εγκατάστασης. Αρχικά όσον αφορά τις σωληνώσεις, μετατρέπεται το ολικό τους “3D” σχέδιο σε γραμμικό το οποίο χρησιμοποιείται ως οδηγός στο ναυπηγείο για την μετέπειτα συναρμολόγηση του συστήματος. Στη συνέχεια κάθε τμήμα σωληνώσεων ξεχωριστά μετατρέπεται σε ισομετρικό διάγραμμα συνοδευόμενο από το αντίστοιχο “3D” μοντέλο του, όπου τελικά αποστέλλονται στο ναυπηγείο-σωληνουργείο με σκοπό την κατασκευή τους. Τέλος τα ισομετρικά διαγράμματα αναγράφουν όλα τα απαραίτητα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και σε υπόμνημα επιπλέον πληροφορίες που απαιτούνται, παρέχοντας έτσι πλήρη εικόνα στους εργαζόμενους του ναυπηγείου για το τι πρόκειται να κατασκευάσουν. Σχετικό υλικό με εικόνες δίδεται παρακάτω.



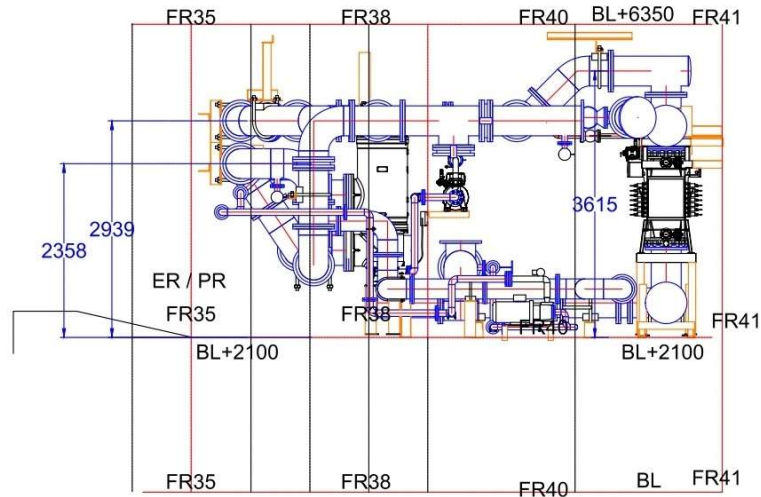
Εικόνα 94: Γραμμικό σχέδιο όλου του συστήματος σωληνώσεων.



Εικόνα 95: Πρόοψη γραμμικού σχεδίου όλου του συστήματος σωληνώσεων.

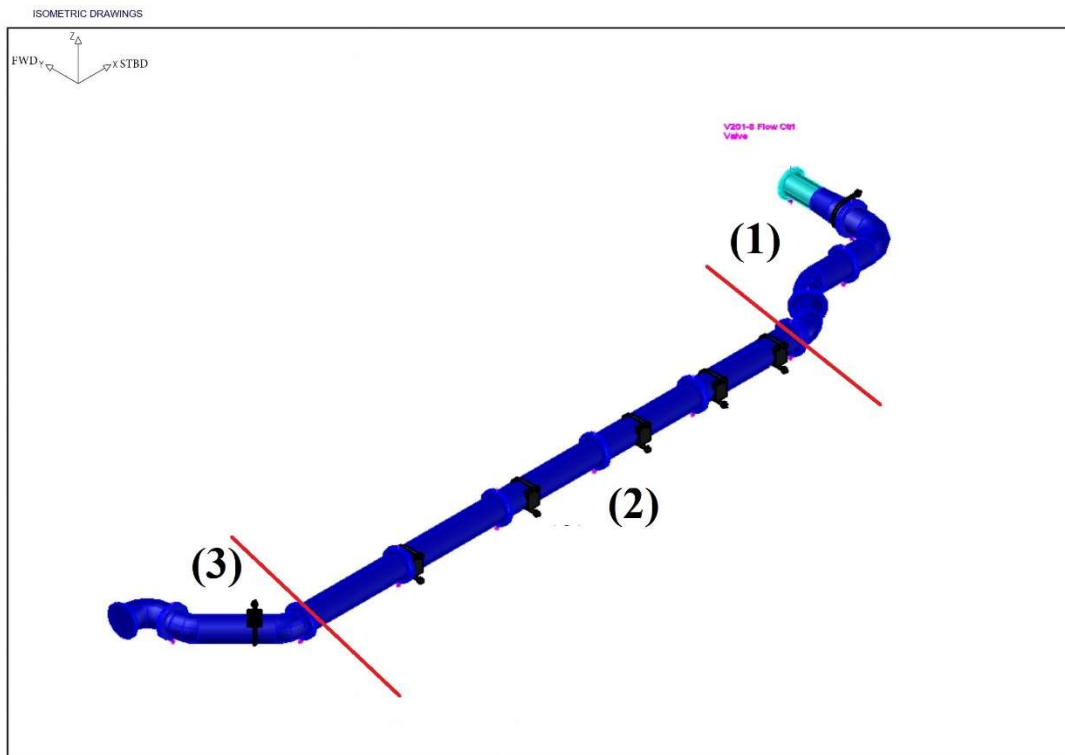


Εικόνα 96: Κάτοψη γραμμικού σχεδίου όλου του συστήματος σωληνώσεων.

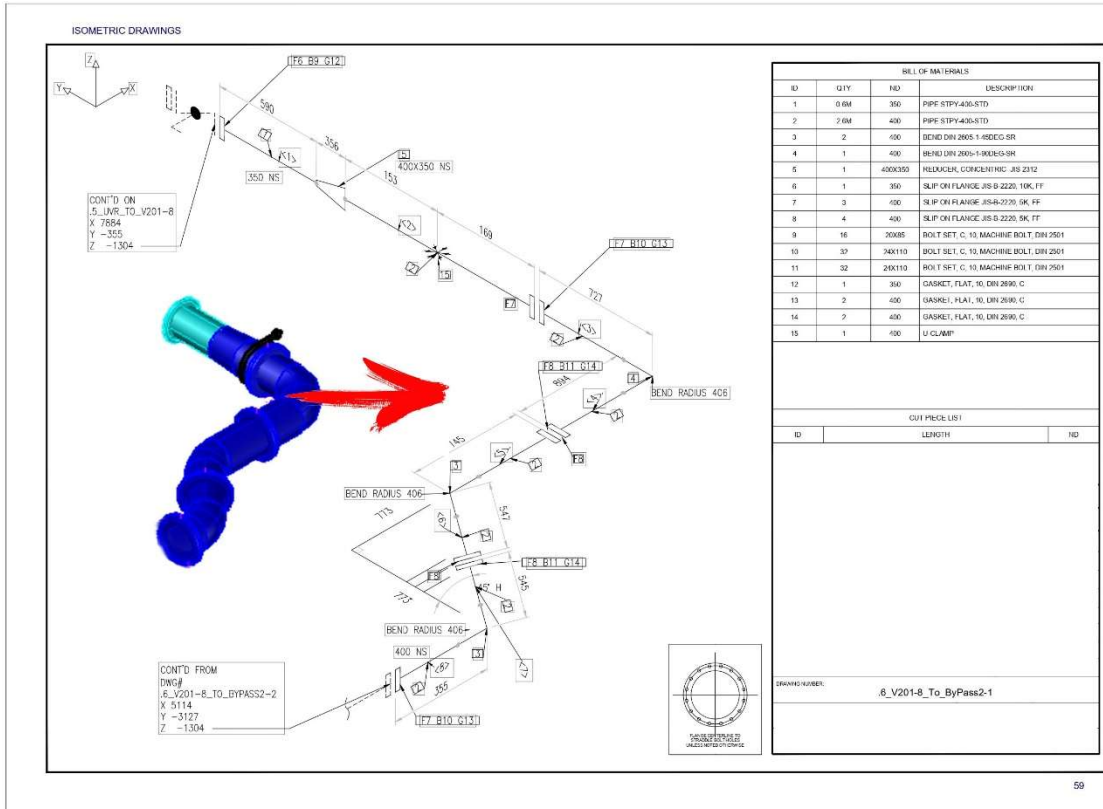


Εικόνα 97: Πλάγια όψη του γραμμικού σχεδίου όλου του συστήματος σωληνώσεων.

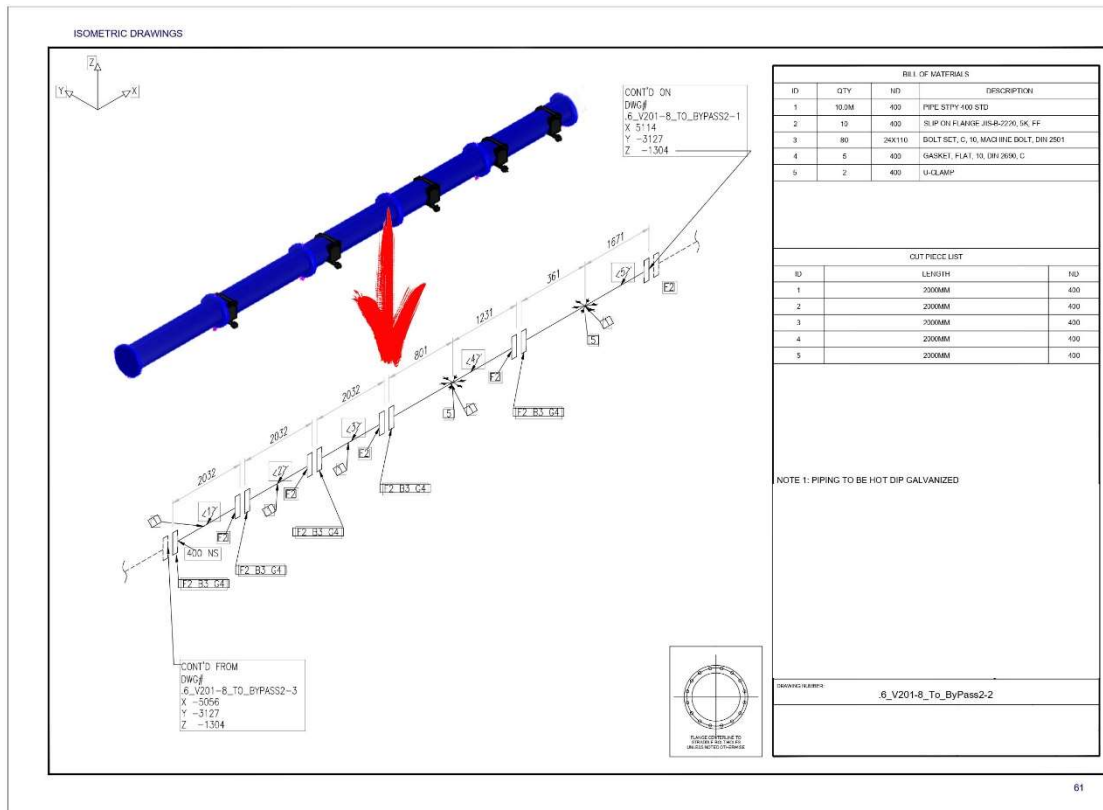
Μερικά από τα ισομετρικά διαγράμματα της μελέτης φαίνονται στις επόμενες εικόνες και απευθύνονται στο “3D” σχέδιο της εικόνας 3.31. Το συγκεκριμένο τμήμα σωληνώσεων ονομάζεται “.6_V201-8_To_ByPass2” όπως και κάθε τμήμα έχει την δική του ονομασία για εύκολο εντοπισμό εντός των σχεδίων.



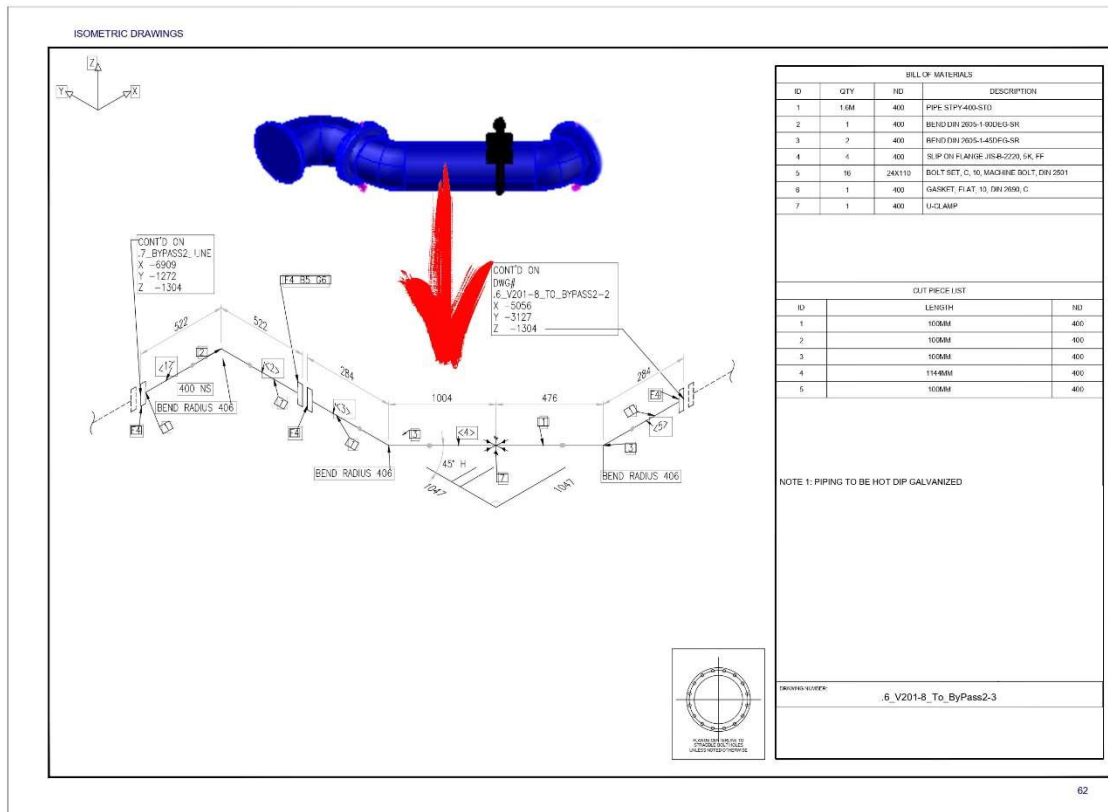
Εικόνα 98: Τμήμα (1)-(2)-(3) σωληνώσεων “.6_V201-8_To_ByPass2”.



Εικόνα 99: Ισομετρικό διάγραμμα τμήματος (1) σωληνώσεων “6_V201-8_To_ByPass2”.



Εικόνα 100: Ισομετρικό διάγραμμα τμήματος (2) σωληνώσεων “6_V201-8_To_ByPass2”.



Εικόνα 101: Ισομετρικό διάγραμμα τμήματος (3) σωληνώσεων “.6_V201-8_To_ByPass2”.

Τέλος, όταν πλέον κατασκευαστούν όλα τα ισομετρικά διαγράμματα επιθεωρούνται από τους νηογώνους και εφόσον τηρούν όλες τις απαραίτητες προδιαγραφές παίρνουν πιστοποίηση και στέλνονται στο ναυπηγείο προς κατασκευή. Η πιστοποίηση αυτή διασφαλίζει πως με αυτές τις τροποποιήσεις των σωληνώσεων, το πλοίο θα εξακολουθεί να είναι ασφαλές στα ταξίδια του.

Ολόκληρη η μελέτη ισομετρικών διαγραμμάτων σωληνώσεων παρατίθενται στο παράρτημα στο τέλος της διπλωματικής εργασίας.

Σχετικά με τα προγράμματα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν από την συγκεκριμένη εταιρία για την διεξαγωγή όλης της μελέτης και του σχεδιασμού, είναι τα εξής:

- ✓ Autodesk Recap - Επεξεργασία νέφους σημείων
- ✓ Autodesk Plant 3D & Solid Works - Κατασκευή σωληνώσεων
- ✓ Autodesk AutoCAD - Ισομετρικά Διαγράμματα
- ✓ Pipe Flow Expert – Υπολογισμός ροής σωληνώσεων
- ✓ Autodesk Navisworks – Παρουσίαση νέφους και “3D” μοντέλων σωληνώσεων

4^ο Στάδιο: Εγκατάσταση - Ναυπηγείο

Στο ναυπηγείο αποστέλλονται όλα τα απαραίτητα έγγραφα από την εταιρία κατασκευής του συστήματος και τα σχέδια τα οποία μελέτησε η αρμόδια εταιρία σχεδιασμού, προκειμένου να διεξαχθεί με επιτυχία η κατασκευή και εγκατάσταση του συστήματος. Στα έγγραφα αυτά περιλαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με:

- ✓ Τις κατάλληλες διαδικασίες για την σωστή εγκατάσταση
- ✓ Τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να ληφθούν κατά την εγκατάσταση
- ✓ Τα εξαρτήματα τα οποία χρησιμοποιούνται
- ✓ Τα συστήματα ελέγχου
- ✓ Τον σχεδιασμό σωληνώσεων-τεχνικά χαρακτηριστικά (πχ. υλικό, διαστάσεις, ροές κα.)
- ✓ Τον ηλεκτρολογικό σχεδιασμό

Όσον αφορά τα κατασκευαστικά σχέδια των σωληνώσεων, αποστέλλονται στο ναυπηγείο σε εύλογο χρονικό διάστημα πριν την άφιξη του πλοίου, έτσι ώστε να ξεκινήσει η κατασκευή τους. Όταν το πλοίο εισέλθει στο ναυπηγείο απομένει μόνο η εγκατάσταση όλου του συστήματος, αποφεύγοντας με αυτό τον τρόπο επιπλέον καθυστερήσεις στο ναύλο του.

Το ναυπηγείο στο οποίο πραγματοποιήθηκε η κατασκευή και η εγκατάσταση του συστήματος βρίσκεται στο νησί της Σύρου και έχει την επωνυμία “Onex Neorion Shipyards S.A”. Στατιστικά αναφέρεται πως από τον Απρίλιο του 2019 μέχρι τον Φλεβάρη του 2020 πέρασαν από το ναυπηγείο 123 πλοία εκ των οποίων τα 11 εγκατέστησαν σύστημα επεξεργασίας υδάτινου έρματος, δηλαδή περίπου το 9%.



Εικόνα 102: Λογότυπο ναυπηγείου.

Αρχικά, μόλις παραλήφθηκαν τα κατασκευαστικά σχέδια-ισομετρικά διαγράμματα των σωληνώσεων ξεκίνησε η κατασκευή τους στο τμήμα του σωληνουργείου. Πρώτο βήμα είναι η παραγγελία και παραλαβή των απαραίτητων υλικών κατασκευής.



Εικόνα 103: Παραλαβή υλικών κατασκευής σωληνώσεων.

Έπειτα επόμενη βήμα είναι η κοπή και συγκόλληση των σωληνώσεων σύμφωνα με τα ισομετρικά σχέδια. Βάση προτύπων ασφαλείας συστήθηκε η συγκόλληση να πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο “TIG” και ηλεκτροσυγκόλληση.



Εικόνα 104: Κοπή σωληνώσεων.



Εικόνα 105: Σωληνώσεις αμέσως μετά την συγκόλληση “TIG”.



Εικόνα 106: Ηλεκτροσυγκόλληση σωλήνας με προσωπική εργασία.



Εικόνα 107: Όλες οι σωληνώσεις του συστήματος μετά το πέρας κατασκευής τους.

Τελευταίο βήμα είναι η διεξαγωγή αμμοβολής (άμμος υπό πίεση για καθαρισμό επιφανειών από σκουριά κ.α) και το εν θερμό γαλβάνισμα (λουτρό εντός τηγμένου ψευδαργύρου) των σωληνώσεων αυξάνοντας έτσι την αντοχή τους στη φθορά.

Μετά το τέλος της κατασκευής των σωληνώσεων αναμένεται η άφιξη του πλοίου. Το πλοίο ξεκίνησε από το Μπελέμ της Βραζιλίας στις 10/09/2019 και κατέπλευσε στο λιμάνι της Σύρου στις 30/09/2019.



Εικόνα 108: Πορεία που ακολούθησε το πλοίο για την άφιξη του στο ναυπηγείο της Σύρου.

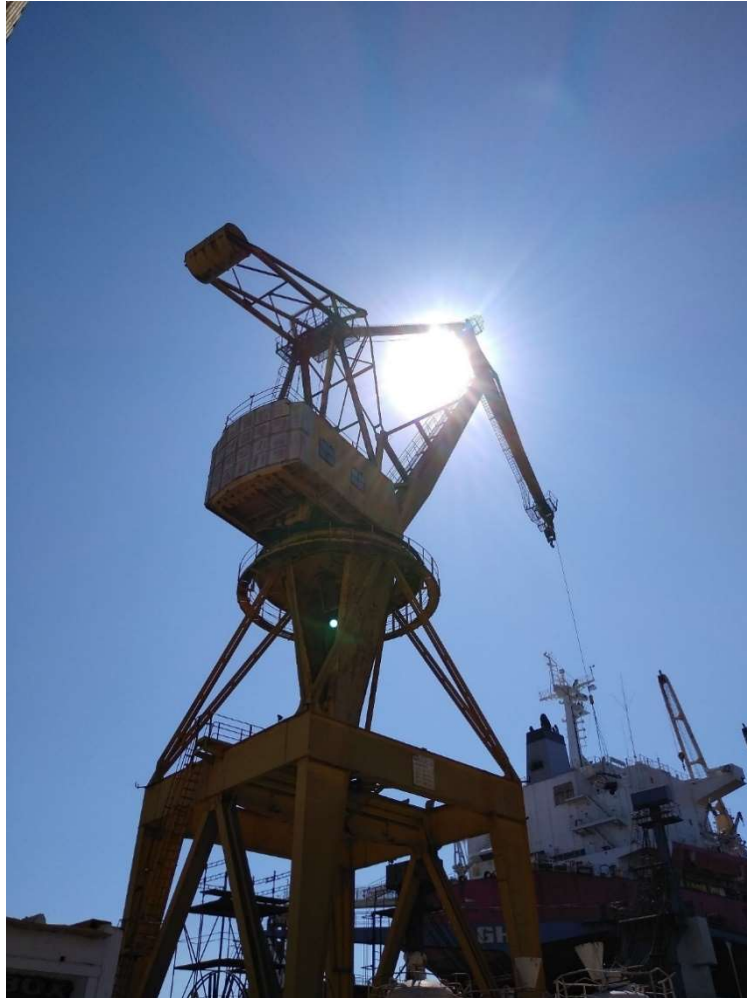
(MarineTraffic, 2020)

Πληροφοριακά αναφέρεται πως το πλοίο ανέβηκε στη δεξαμενή του ναυπηγείου για περεταίρω εργασίες στις 17/10/2019 και αποδεξαμενίστηκε στις 25/10/2019, ενώ όλες οι εργασίες ολοκληρώθηκαν στις 29/10/2019 και όπου το πλοίο αναχώρησε από το ναυπηγείο.

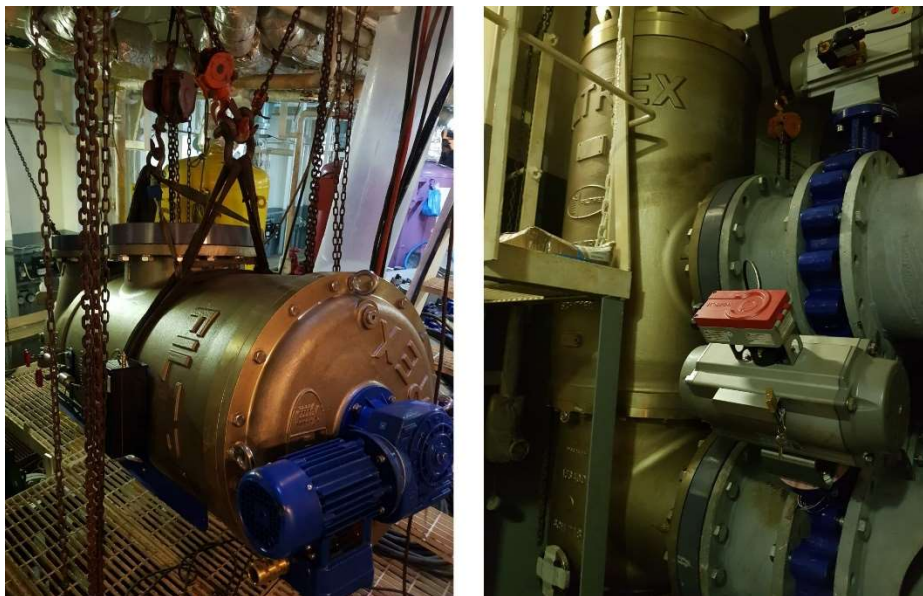


Εικόνα 109: Δεξαμενή εντός του ναυπηγείου.

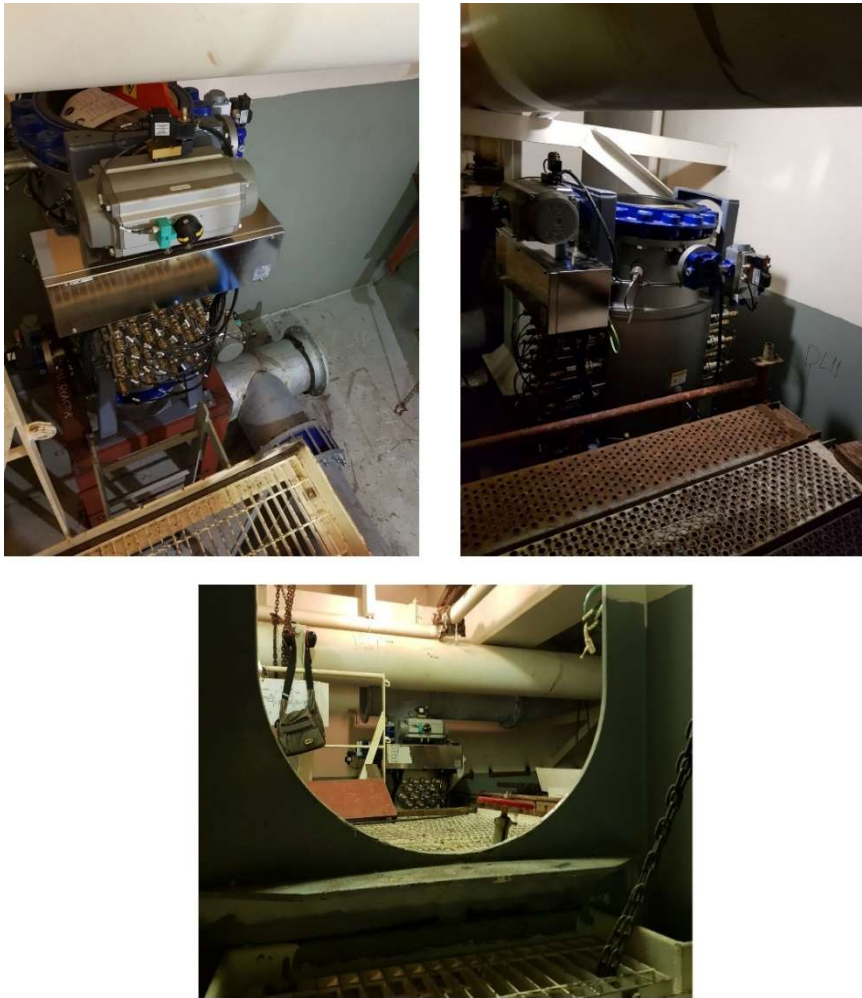
Κατά την διεξαγωγή εργασιών εγκαταστάθηκε επιτυχώς το σύστημα επεξεργασίας υδάτινου έρματος ενώ σχετικό φωτογραφικό υλικό κατά την εγκατάσταση του συστήματος στο πλοίου δίδεται παρακάτω.



Εικόνα 110: Μεταφορά των σωληνώσεων και των συστημάτων εντός του πλοίου με τη βοήθεια γερανού.

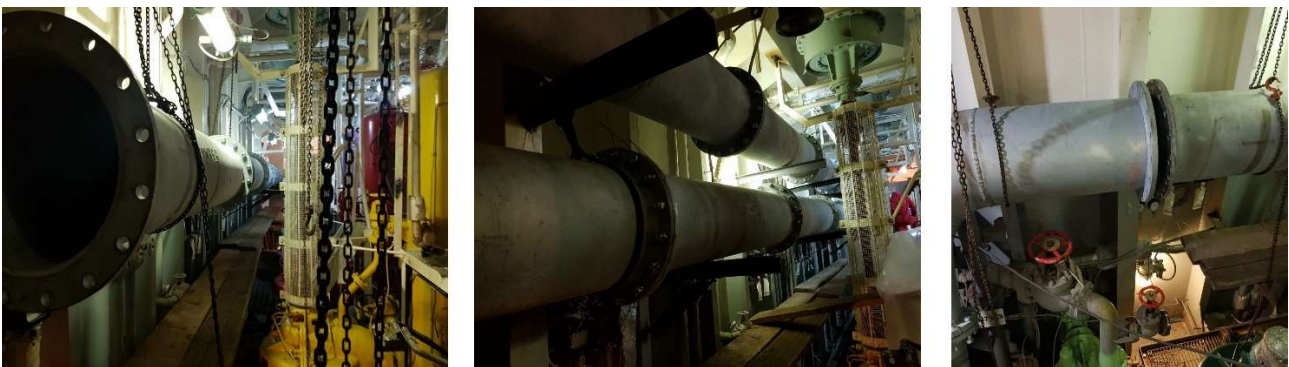


Εικόνα 111: Τοποθέτηση φίλτρου νερού.



Εικόνα 112: Τοποθέτηση συστήματος επεξεργασίας νερού με χρήση “UV”.

Για την ένωση των σωληνώσεων μεταξύ τους χρησιμοποιήθηκαν κοχλίες διαφόρων διαμετρημάτων σύμφωνα με αυτά που ορίζει ο σχεδιαστής της μελέτης, ενώ ενδιάμεσα από την σωληνώσεις για την διασφάλιση της στεγανότητάς τους τοποθετήθηκαν παρεμβύσματα περμανίτη.



Εικόνα 113: Τοποθέτηση σωληνώσεων.



Εικόνα 114: Τοποθέτηση σωληνώσεων.



Εικόνα 115: Τοποθέτηση συστήματος αυτό-καθαρισμού “CIP”.



Εικόνα 116: Τοποθέτηση Ηλεκτρολογικού πίνακα.

Ολοκληρώνοντας, επιθεωρείται η εγκατάσταση και γίνονται δοκιμές του συστήματος. Σημαντικό κρίνεται να αναφερθεί πως το σύστημα επεξεργασίας υδάτινου έρματος που εγκαταστάθηκε καλύπτει τα πρότυπα των οργανισμών IMO και USCG.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια έχει διαδοθεί αρκετά η τεχνική της αντίστροφης μηχανικής, με τη βοήθεια της οποίας γίνεται η συντόμευση του κύκλου ανάπτυξης ενός προϊόντος. Βασικά της πλεονεκτήματα είναι η υψηλή ταχύτητα ολοκλήρωσης των επιθυμητών διεργασιών και το χαμηλό κόστος εφαρμογής. Η σχετικά ταχεία εξάπλωσή της, οφείλεται κατά κύριο λόγο στην σημαντική εξέλιξη της τεχνολογίας. Εκμεταλλευόμενοι τα πολλαπλά οφέλη τα οποία μπορεί να παρέχει η εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνικής σε αντίθεση με τον παλιό κλασικό τρόπο σχεδίασης-αποτύπωσης προϊόντων, έχει αποφέρει υψηλά κέρδη σε αρκετούς τομείς. Μέσα από την διεξοδική ανάλυση των τεχνικών αλλά κυρίως των τεχνολογιών οι οποίες συμβάλουν στην επιτυχημένη ολοκλήρωση των διεργασιών που απαιτούνται, παρατηρείται πως υπάρχουν πολλαπλές επιλογές. Έτσι ο ενδιαφερόμενος σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε περίπτωσης μπορεί να επιλέξει την καταλληλότερη από άποψη ποιότητας, δυναμικότητας και κόστους. Κάθε μια τεχνολογία παρουσιάζει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όπως αυτά αναλύθηκαν εντός της διπλωματικής, μέσα από τα οποία διευκολύνεται ακόμα περισσότερο ο χρήστης στην τελική απόφαση επιλογής της. Γι' αυτό το λόγο είναι αδύνατον να διακριθεί κάποια από τις τεχνολογίες ως καλύτερη, καθώς αυτό το καθορίζουν διάφοροι παράμετροι της εκάστοτε περίπτωσης χρήσης τους. Ανάμεσα στις πολλαπλές διαθέσιμες τεχνολογίες δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στους σαρωτές "laser" οι οποίοι θεωρούνται και οι πιο διαδεδομένο έχοντας το μεγαλύτερο φάσμα εφαρμογής. Έπειτα, μέσα από την παρουσίαση των σταδίων επεξεργασίας αλλά και την ποικιλία των αντίστοιχων προγραμμάτων που υπάρχουν στο εμπόριο φαίνεται πως δίδεται η δυνατότητα στο χρήστη να προσαρμόσει τα προς κατασκευή μοντέλα στα μέτρα του, επεξεργάζοντάς τα όσο το απαιτεί η περίπτωση. Με αυτό τον τρόπο είναι πιο εύκολο να επιτευχθεί ο επιθυμητός στόχος.

Όσον αφορά το έρμα των πλοίων γίνεται εμφανής η σπουδαιότητα ύπαρξής του στην ασφάλεια πλεύσης τους. Ταυτόχρονα όμως, ακόμα και σήμερα παρουσιάζεται δυστυχώς ένα σημαντικότερο πρόβλημα. Παρότι σε κάποιες περιοχές γίνεται εμφανές το αποτέλεσμα του προβλήματος και οι ζημιές που μπορεί να αποφέρει τόσο σε οικολογικό όσο σε οικονομικό και υγειονομικό επίπεδο, πολλοί δεν γνωρίζουν το αίτιο που προκαλεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, δηλαδή την εμφάνιση βιοεισβολών κατά τόπους. Η σοβαρότητα του προβλήματος γίνεται εμφανής μέσα από τον χρόνο ο οποίος χρειάστηκε προκειμένου να συγκροτηθεί και να εφαρμοστεί η σύμβαση "BWM" και μέσα από την προσπάθεια που κατέβαλαν και συνεχίζουν να καταβάλουν οι αρμόδιοι φορείς για την αντιμετώπισή του. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετές τεχνικές με τις οποίες το νερό έρματος μπορεί να επεξεργαστεί, απαλλάσσοντάς το από τους βιοεισβολείς. Συγχρόνως, τα συστήματα που

υποστηρίζουν τις προαναφερθέντες τεχνικές και κυκλοφορούν στην αγορά απαιτούν έγκριση, η οποία περνάει από πολλά στάδια πιστοποίησης λόγω των υψηλών απαιτήσεων της ποιότητας του νερού, για τον ασφαλή και χωρίς βιοεισβολείς αφερματισμό. Εξαιτίας της υψηλής ανταγωνιστικότητας στην αγορά, έχουν αναπτυχθεί πολλά από αυτά με διαφορετικές μεθόδους επεξεργασίας νερού, ανάλογα με την κατασκευαστική εταιρία. Γι' αυτό η πλοιοκτήτρια εταιρία, σύμφωνα με τα κριτήρια τα οποία αναλύθηκαν και με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος, θα πρέπει να δώσει ιδιαίτερη σημασία στην μελέτη επιλογής του κατάλληλου συστήματος. Τέλος, σχετικά με τις μεθόδους επεξεργασίας του υδάτινου έρματος οι μηχανικές και οι φυσικές μέθοδοι είναι φιλικές προς το περιβάλλον σε αντίθεση με τις χημικές, στις οποίες τα παραπροϊόντα που δημιουργούνται αν δεν αδρανοποιηθούν πλήρως υπάρχει κίνδυνος να βλάψουν το περιβάλλον. Ενώ από άποψη δραστηριότητας οι χημικές μέθοδοι υπερτερούν έναντι των άλλων.

Στο τρίτο κεφάλαιο μέσα από την μελέτη περίπτωσης συμπεραίνεται πως η αντίστροφη μηχανική μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά σε ένα μεγάλο έργο. Στην προκειμένη περίπτωση, προκειμένου να εγκατασταθεί σύστημα επεξεργασίας υδάτινου έρματος, βοήθησε στην γρήγορη ηλεκτρονική αποτύπωση-μοντελοποίηση του πλοίου, για την σχεδιαστική μελέτη των σωληνώσεων. Επιπλέον, βοήθησε τους εργαζόμενους στην κατασκευή και τοποθέτηση των τμημάτων σωληνώσεων λόγω της παραστατικότητας της απεικόνισής τους σε "3D" σχέδια και εικόνες. Ολοκληρώνοντας, η επιλογή πραγματοποίησης μετρήσεων επιφανειών με χρήση "3D" σαρωτών είναι σαφώς αποτελεσματικότερη και πιο ακριβής σε αντίθεση με τον παραδοσιακό τρόπο μέτρησης (πχ. μετροταινία), με αποτέλεσμα να περιορίζονται σφάλματα και επιπλέον εργασία για την διόρθωση των εκάστοτε σφαλμάτων.

Σε προσωπικό επίπεδο, για την διεξαγωγή της διπλωματικής εργασίας αφιερώθηκε πολύ χρόνος έρευνας και ζήλου προκειμένου να βγει ένα ολοκληρωμένο αποτέλεσμα. Οι μεγαλύτερες δυσκολίες οι οποίες έπρεπε να έρθουν εις πέρας ήταν στην εύρεση υλικού. Για το κύριο μέρος της εργασίας, οι πηγές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ήταν μέσω ιστοσελίδων, βιβλίων και επιστημονικών περιοδικών, ενώ για την μελέτη περίπτωσης χρειάστηκε να πραγματοποιείται συχνή τηλεφωνική επικοινωνία με το Ναυπηγείο – το προσωπικό του, την πλοιοκτήτρια εταιρία και την σχεδιαστική εταιρία που προαναφέρθηκαν. Πέρα από την τηλεφωνική επικοινωνία, αρκετές φορές κρινόταν απαραίτητη η επαφή από κοντά με τα προαναφερθέντα, εφοδιάζοντάς την προσπάθεια αυτή, με πληροφορίες και πλούσιο υλικό. Ενώ δεν μπορεί να παραληφθεί η σημαντική βοήθεια των επιβλεπόντων καθηγητών σε όποια δυσκολία παρουσιάστηκε. Από το υλικό το οποίο συλλέχθηκε για την μελέτη περίπτωσης, προστέθηκε μια ακόμα δυσκολία. Ο αρκετά μεγάλος όγκος αρχείων καθιστούσε δύσκολη τη

διαχείριση του νέφους σημείων και των “3D” σχεδίων, με αποτέλεσμα να απαιτηθεί επιπλέον χρόνος και προσπάθεια.

Μέσω της διπλωματικής εργασίας, μου προσφέρθηκαν πολλές σφαιρικές γνώσεις επί των θεμάτων των οποίων αναλύθηκαν. Μπορεί μέσα από προσωπικές γνώσεις και εμπειρίες να ήταν γνωστά μερικά από αυτά, όμως αναμφισβήτητα πρέπει να επισημανθεί ότι μου προστέθηκαν πολλές περισσότερες γνώσεις με αρκετές λεπτομέρειες. Ολοκληρώνοντας, αξίζει να σημειωθεί πως η μελέτη περίπτωσης απαρτίζεται σχεδόν πλήρως από προσωπικό φωτογραφικό υλικό, το οποίο λήφθηκε μέσα από την εργασία μου στο κομμάτι του ναυπηγείου, κάτι το οποίο και διευκόλυνε την διεξαγωγή της διπλωματικής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Apetroaei, M. R., Atodiresei, D. V., Rău, I. & Apetro, G. M., 2018. *OVERVIEW ON THE PRACTICAL METHODS OF BALLAST WATER TREATMENT*. s.l.:IOP Publishing Ltd.
2. Augusto, A. G. & Gagnon, G., 2012. RECENT TECHNOLOGIES FOR BALLAST WATER TREATMENT. *Ozone Science Engineering*, Issue 34, pp. 174-195.
3. Babicz, J., 2015. *WÄRTSILÄ-ENCYCLOPEDIA OF SHIP TECHNOLOGY*. 2nd Edition επιμ. Helsinki: s.n.
4. Bernier, S. N., Bertier, L. & Reinhard, T., 2015. *DESIGN FOR 3D PRINTING*. 1st edition επιμ. s.l.:Maker Media.
5. Bridgette & Mongeon, 2016. *3D TECHNOLOGY IN FINE ART AND CRAFT, Exploring 3D printing, Scanning, Sculpting and Milling*. New York and London: Focal Press, Taylor & Francis Group.
6. Cvetković, M., Kompare, B. & Klemenčič, A. K., 2015. APPLICATION OF HYDRODYNAMIC CAVITATION IN BALLAST WATER TREATMENT. *Environmental Science and Pollution Research*.
7. Dr. Mostafa, E. A.-B., October 2011. *3D LASER SCANNERS: History, Applications And Future*, s.l.: s.n.
8. Eldad, E., 2005. *REVERSING: Secrets of Reverse Engineering*. s.l.:Wiley Publishing, Inc..
9. GESAMP, M. o., 2019. *METHODOLOGY FOR THE EVALUATION OF BALLAST WATER MANAGEMENT SYSTEMS USING ACTIVE SUBSTANCES*, London: Jan Linders & Annette Dock.
10. Matej, D., 2012. BALLAST WATER TREATMENT SYSTEMS-A SUMMARY.
11. Nader, M., Indary, S. & Boustany, L., 2012. FAO EastMed The Puffer Fish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Eastern Mediterranean. GCP/INT/041/EC – GRE – ITA/TD-10.
12. Rajoo, B. & Omar, Y. B., 2011. EMERGING BALLAST WATER TREATMENT TECHNOLOGIES: A REVIEW. *Sustainability Science and Management*, Issue 6, pp. 126-138.
13. Robert W. Messler, J., 2013. *REVERSE ENGINEERING, mechanisms, structures, systems and materials*. 1st edition επιμ. s.l.:McGraw Hill education.
14. Sen, Z., 2009. *Spatial Modeling Principles in Earth Sciences*. 2nd edition επιμ. s.l.:Springer.
15. Simberloff, D., Jean-Louis, M., Genovesi, P. & Maris, V., 2013. IMPACTS OF BIOLOGICAL INVASIONS: What's what and the way forward. *Trends In Ecology & Evolution*.
16. Stehouwer, P. P., Fuhr, F., Veldhuis, M. & Slooten, C. V., 2010. BALLAST WATER TREATMENT SYSTEMS-"OLD" AND "NEW" ONES. *WMU Journal of Maritime Affairs*

17. Sullivan, H. A., 2013. Στο: *THE INVASIVE LIONFISH: Assessments and impact management*. New York : Nova Science Publishers.
18. Vinesh, R. & Kiran, F. J., October 2009. *REVERSE ENGINEERING, An Industrial Perspective*. s.l.:Springer.
19. Vinko, T., Željko, S. & Goran, B., 2012. *REMOTE MONITORING OF BALLAST WATER TREATMENT SYSTEMS QUALITY BY USING FLOW CYTOMETRY AND SATELLITE COMMUNICATION TECHNOLOGIES*. Rijeka, Croatia , s.n.
20. Vorkapic, A., Komar, I. & Gorana, J.-M., 2016. SHIPBOARD BALLAST WATER TREATMENT SYSTEMS ON SEAGOING SHIPS. *Transaction on maritime science Toms*, Issue 01, pp. 19-28.
21. Vosselman, G. & Mass, H.-G., 2010. *Airborne and Terrestrial Laser Scanning*. s.l.:Whittles Publishing.
22. Wego , W., 2011. *REVERSE ENGINEERING, Technology Of Reinvention*. United States Of America : CRC Press, Taylor & Francis Group .
23. Κοτρίκλα, Α.-Μ., 2015. *ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ*. s.l.:ΣΕΑΒ,Κάλλιπος.
24. Μπιλάλης, Ν. & Μαραβελάκης , Ε., Οκτώβριος 2014. *ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD/CAM & ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ*. 2η Έκδοση επιμ. s.l.:ΚΡΙΤΙΚΗ.
25. DESMIOceanGuard, χ.χ. [Ηλεκτρονικό]
Available at: desmioceanguard.com/products.aspx
[Πρόσβαση 2020].
26. ErmaFirst, 2019. [Ηλεκτρονικό]
Available at: www.ermafirst.com
27. IMO, 2020. [Ηλεκτρονικό]
Available at: www.imo.org
28. MarineTraffic, 2020. [Ηλεκτρονικό]
Available at: www.marinetraffic.com

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παρακάτω φαίνονται όλα τα ισομετρικά διαγράμματα σωληνώσεων της εγκατάστασης “BWTS” στο πλοίο που προαναφέρθηκε, όπως αυτά στάλθηκαν από την εταιρία σχεδιασμού στο ναυπηγείο.



Retrofitting of New Ballast Water Management System

ISOMETRIC DRAWINGS

SEP 2019

ISOMETRIC DRAWINGS

NOTES & DISCLAIMERS

- 1) If by any case questions or issues arise please contact the owner & the design office. DO NOT improvise.
- 2) Please follow the referenced drawings if any are present.
- 3) Advise the Technical specification provided by the design office for works needed before the installation and during the installation.
- 4) If any inconsistencies or deviation between this document and the actual installation please contact the design office for an immediate solution.
- 5) No modification or deviation from this design version of piping will be considered acceptable if not a consultation with the design office and the owner has took place beforehand.

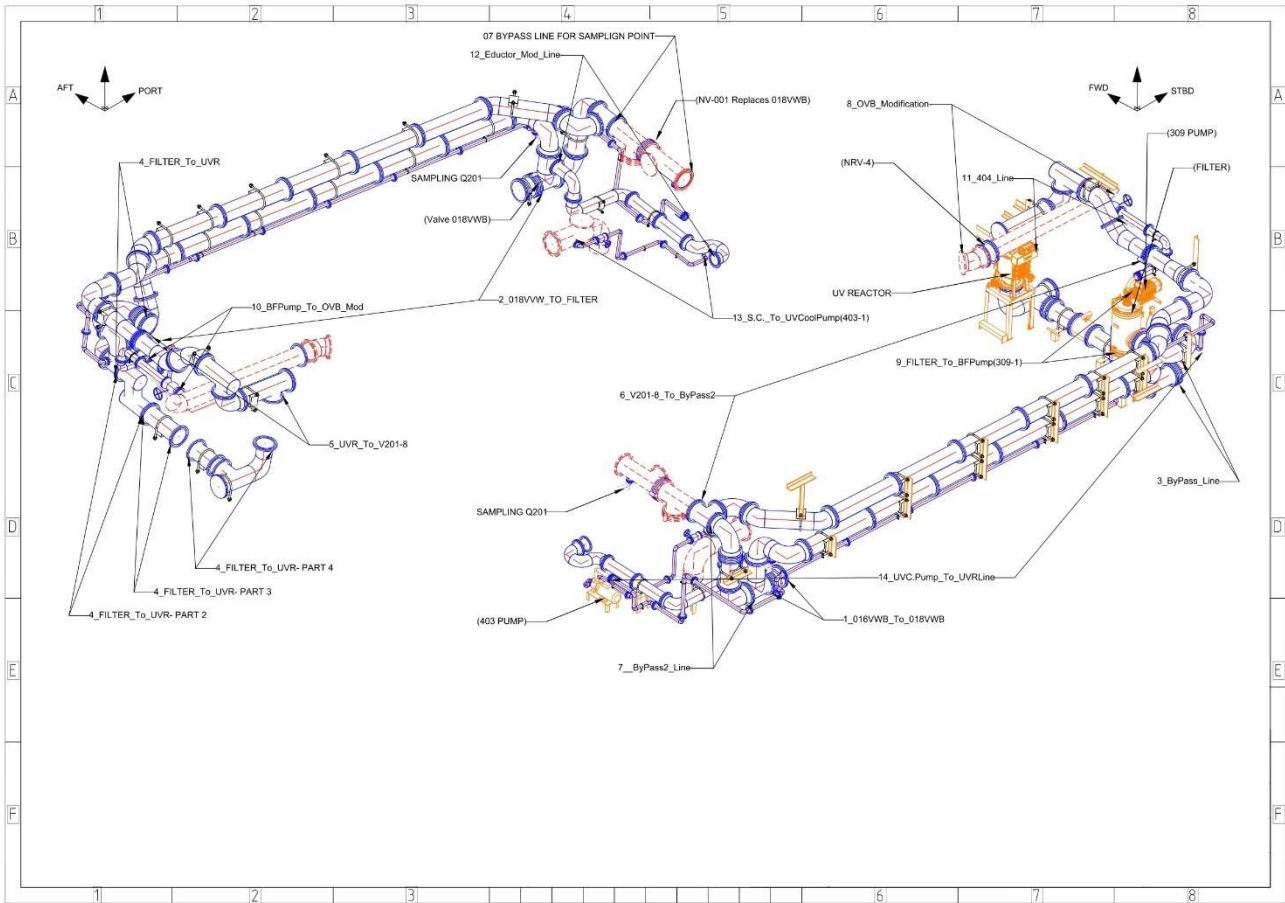
3

ISOMETRIC DRAWINGS

ISOMETRIC TAGS & LOCATION

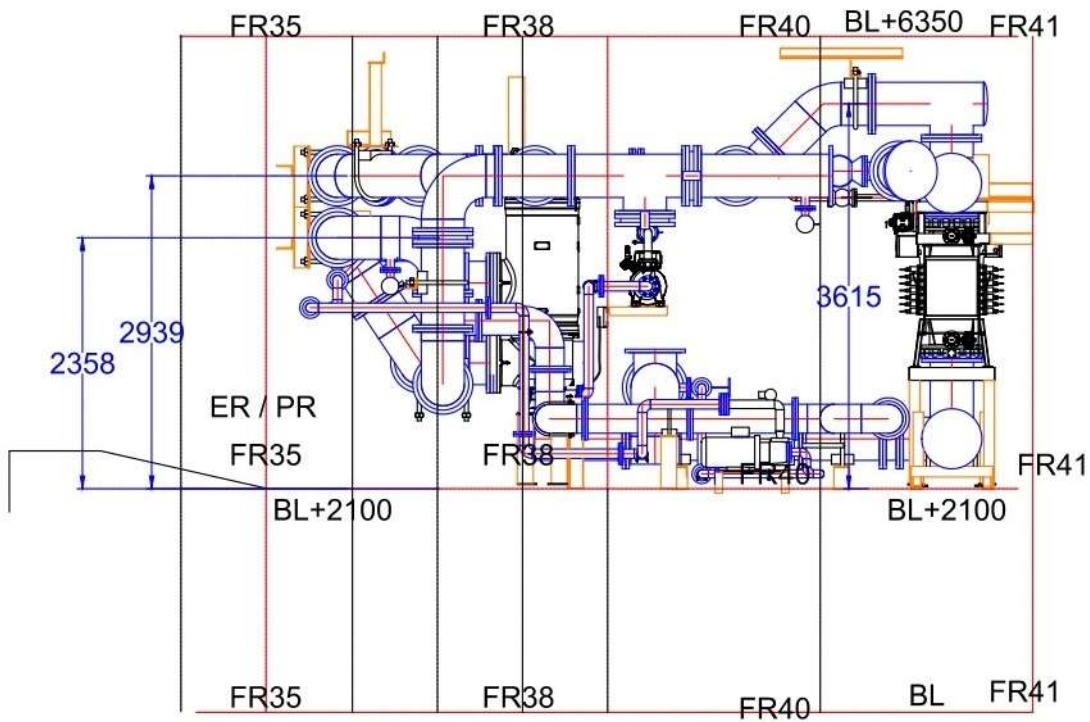
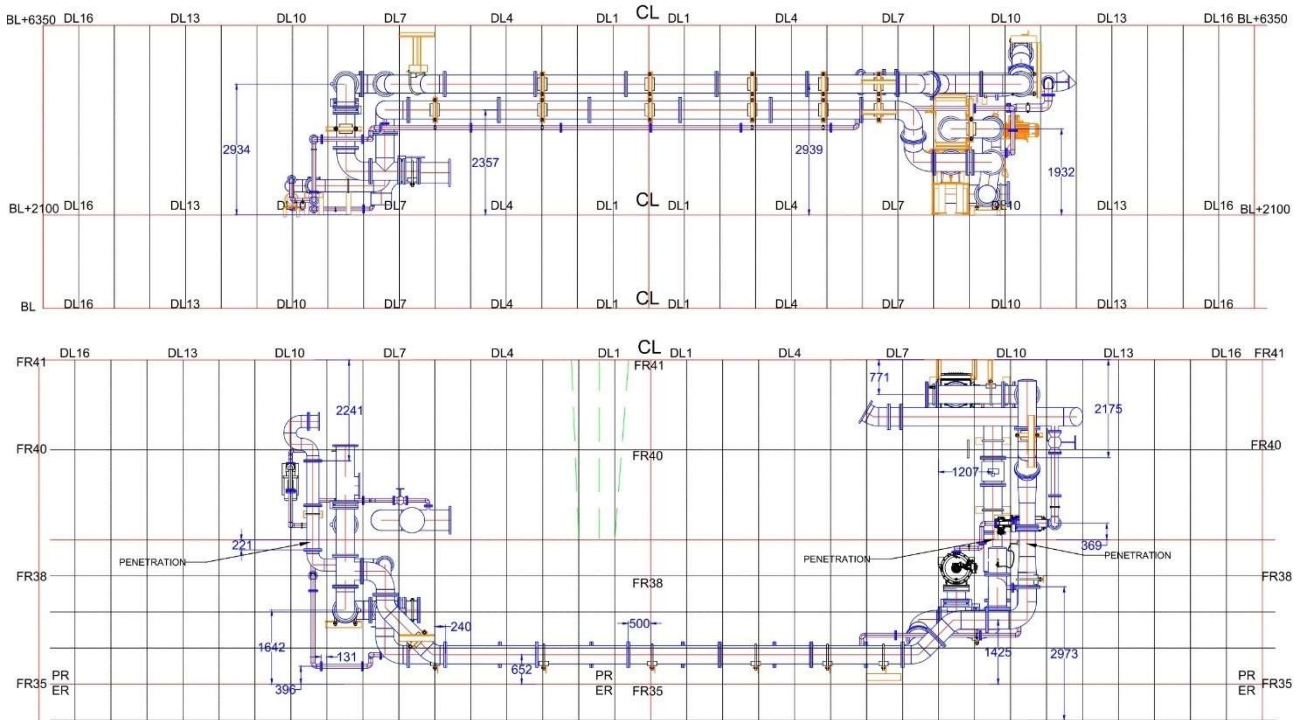
ISOMETRIC VIEW
AFT TO PORT & FWD TO STBD

4



ISOMETRIC DRAWINGS

TAG	ISOMETRIC REFERENCED PAGES	Page
1_016VWB_To_018VWB	_____	10
2_018VWB_To_FILTER	_____	14
3_ByPass_Line	_____	25
4_FILTER_To_UVR	_____	29
4_FILTER_To_UVR PART 2	_____	34
4_FILTER_To_UVR PART 3	_____	40
4_FILTER_To_UVR PART 4	_____	44
5_UVR_To_V201-8	_____	49
6_V201-8_To_ByPass2	_____	56
7_ByPass2_Line	_____	63
07 BYPASS LINE FOR SAMPLIGN POINT	_____	68
8_OVB_Modification	_____	73
9_FILTER_To_BFPump(309-1)	_____	77
10_BFPump_To_OVB_Mod	_____	81
11_404_Line	_____	86
12_Eductor_Mod_Line	_____	90
13_S.C._To_UVCoolPump(403-1)	_____	95
14_UVC.Pump_To_UVRLine	_____	101



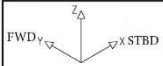
ISOMETRIC DRAWINGS

ISOMETRIC TAG

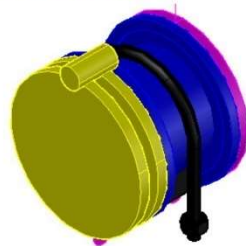
1_016VWB_To_018VWB

10

ISOMETRIC DRAWINGS

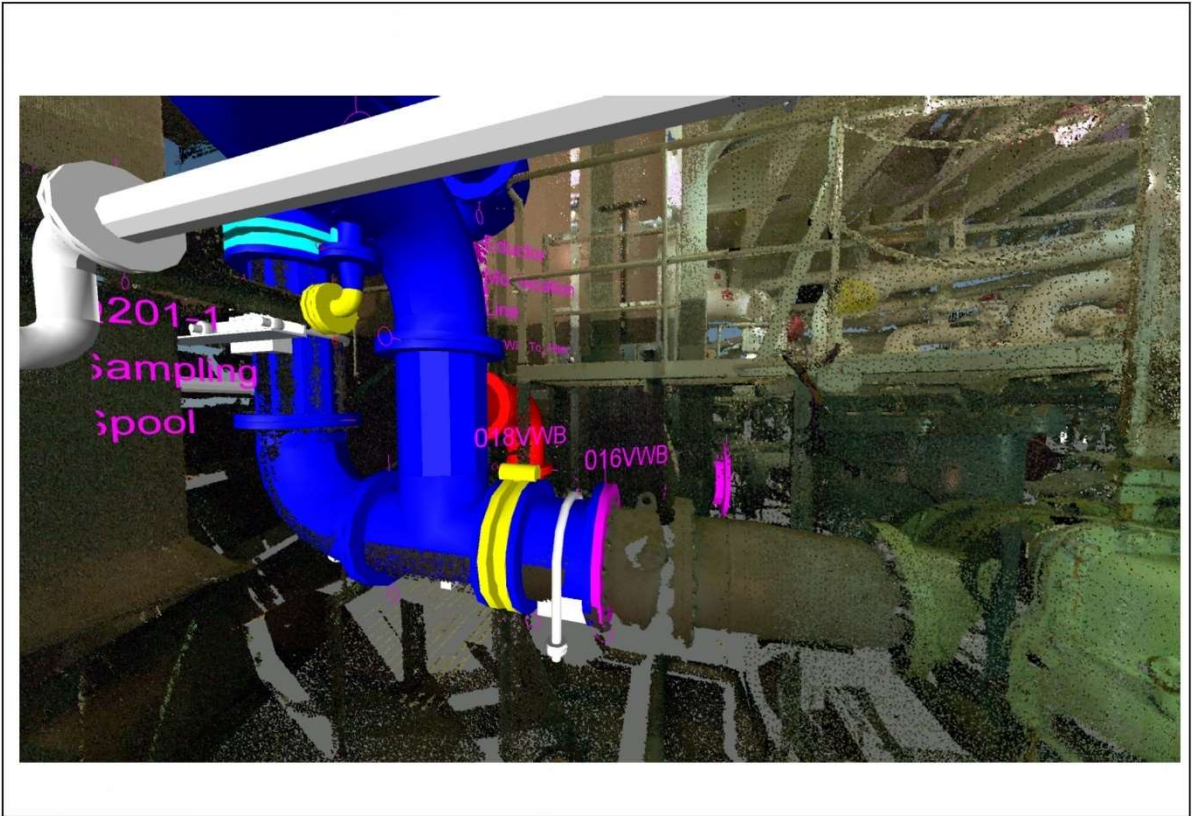


016VWB
018VWB



11

ISOMETRIC DRAWINGS



12

ISOMETRIC DRAWINGS

BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	0.3M	400	PIPE ST1PY400 STD
3	2	400	SLIP ON FLANGE JIS B 2220, SK, FF
4	16	24X110	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, DIN 2501
5	16	24X100	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, DIN 2501
6	2	400	GASKET, FLAT, 10, DIN 2690, C
7	1	400	RELOCATED VESSELS VALVE 018VWB SHUT-OFF BUTTERFLY SK (REMOTE)
8	1	400	U-CLAMP

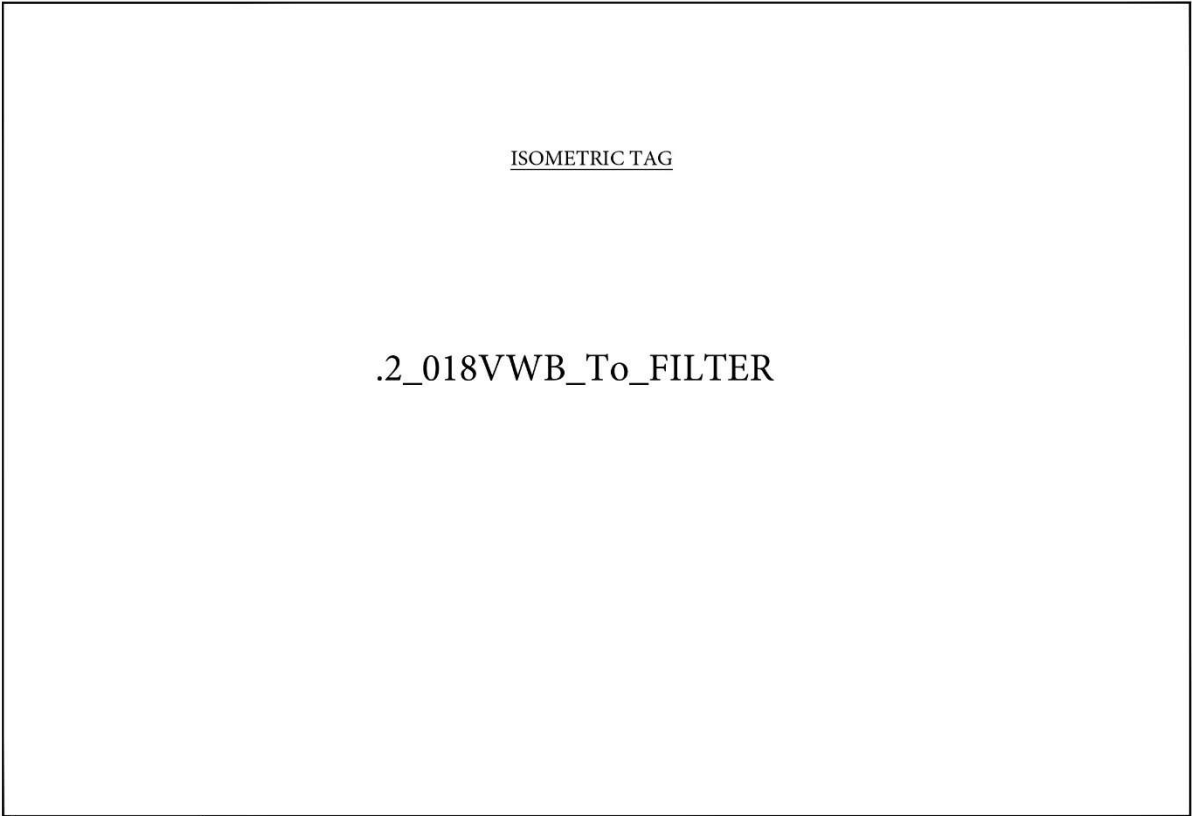
CUT PIECE LIST		
ID	LENGTH	NO
1	283MM	400

NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED

DRAWING NUMBER: .1_016VWB_To_018VWB

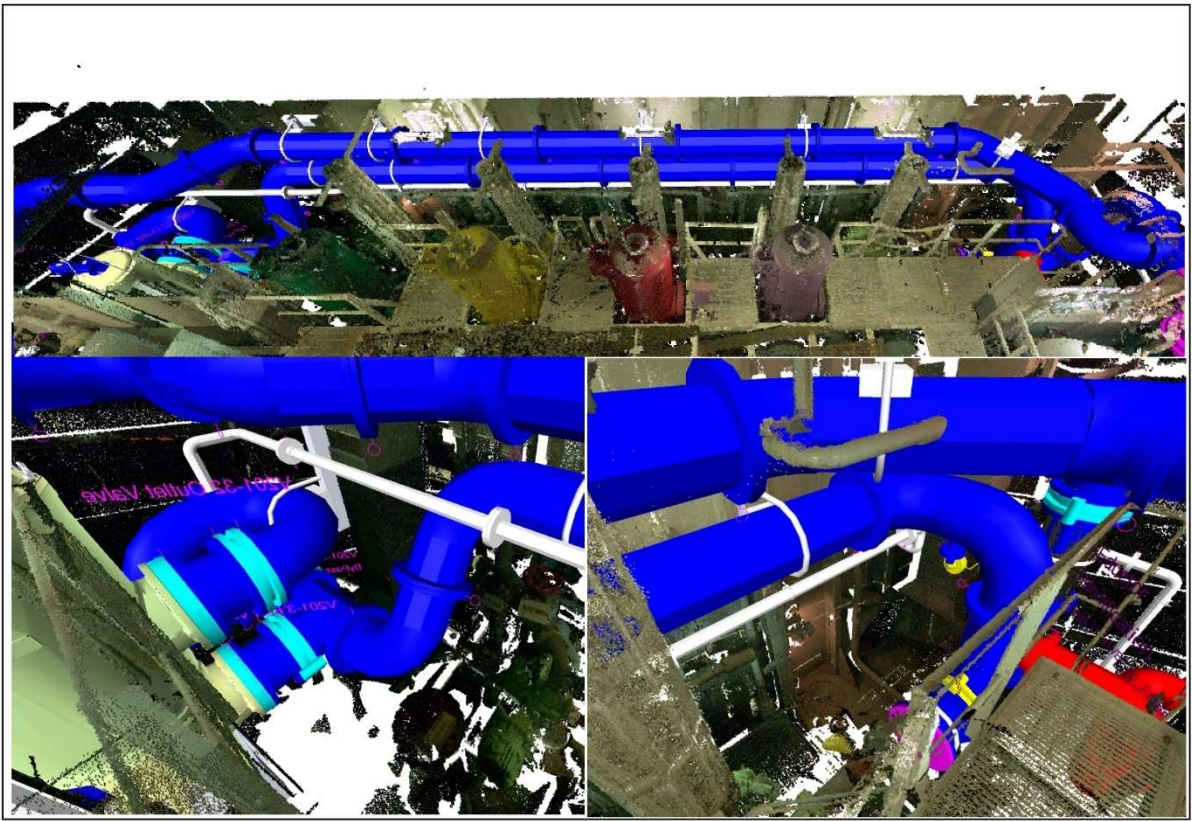
13

ISOMETRIC DRAWINGS

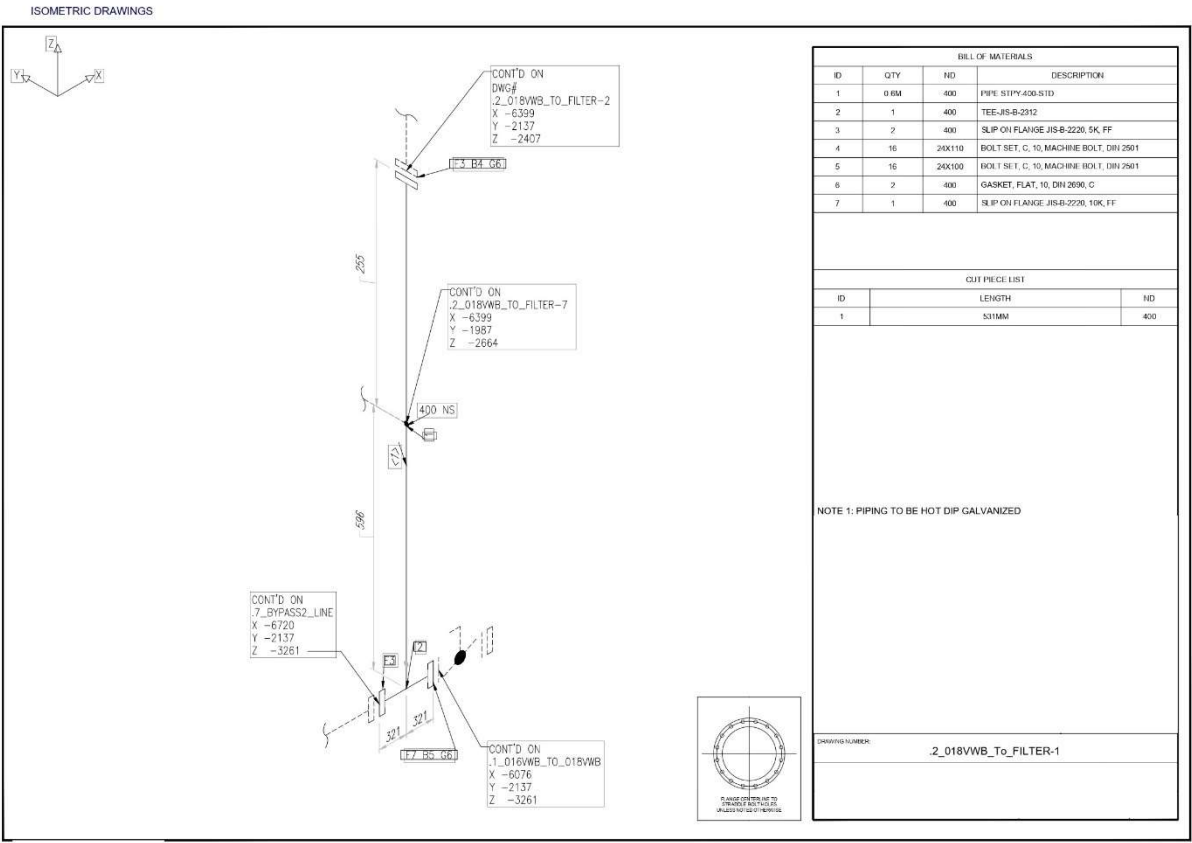
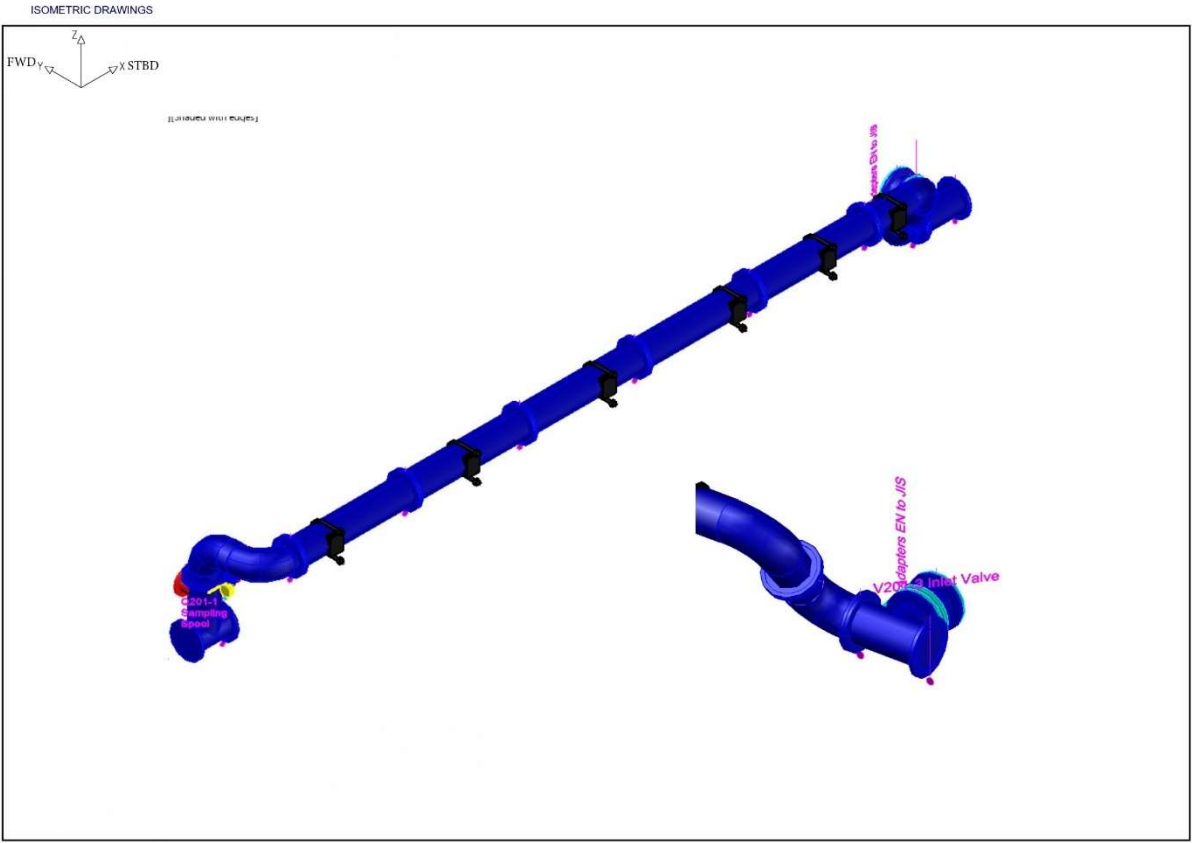


14

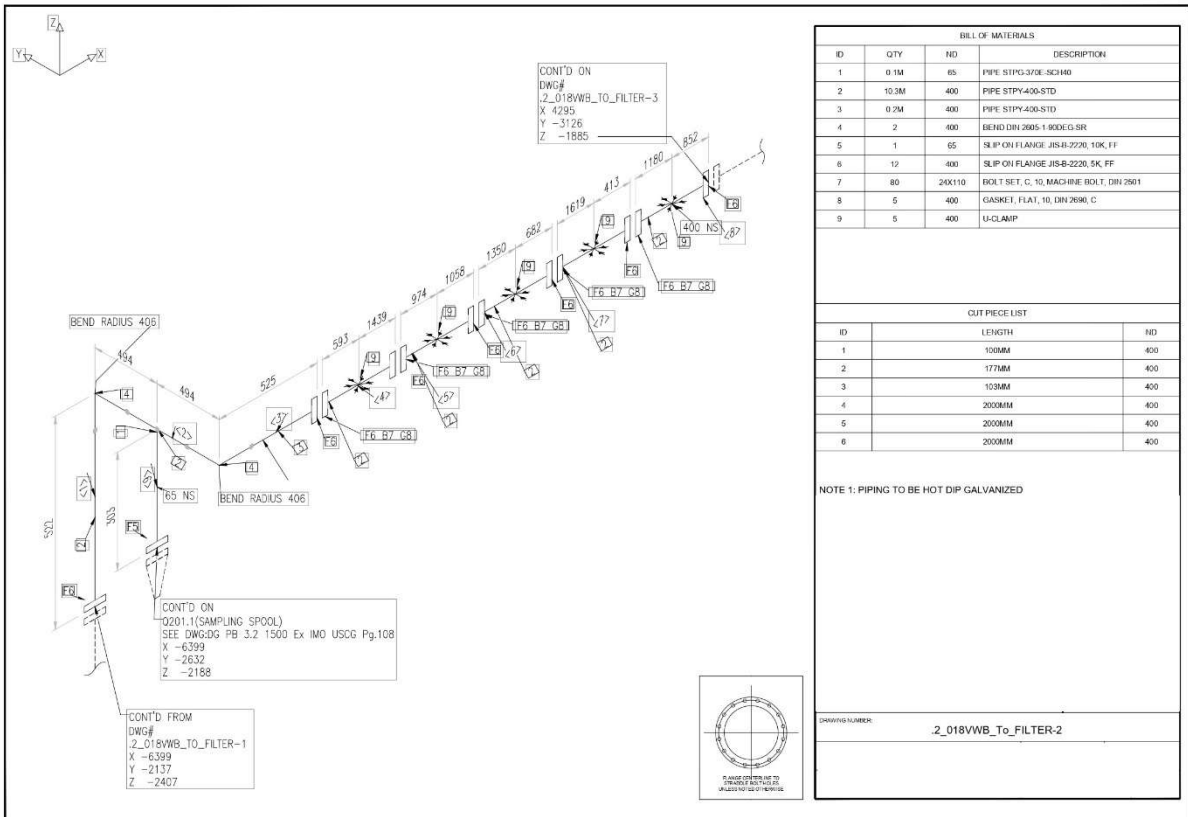
ISOMETRIC DRAWINGS



15

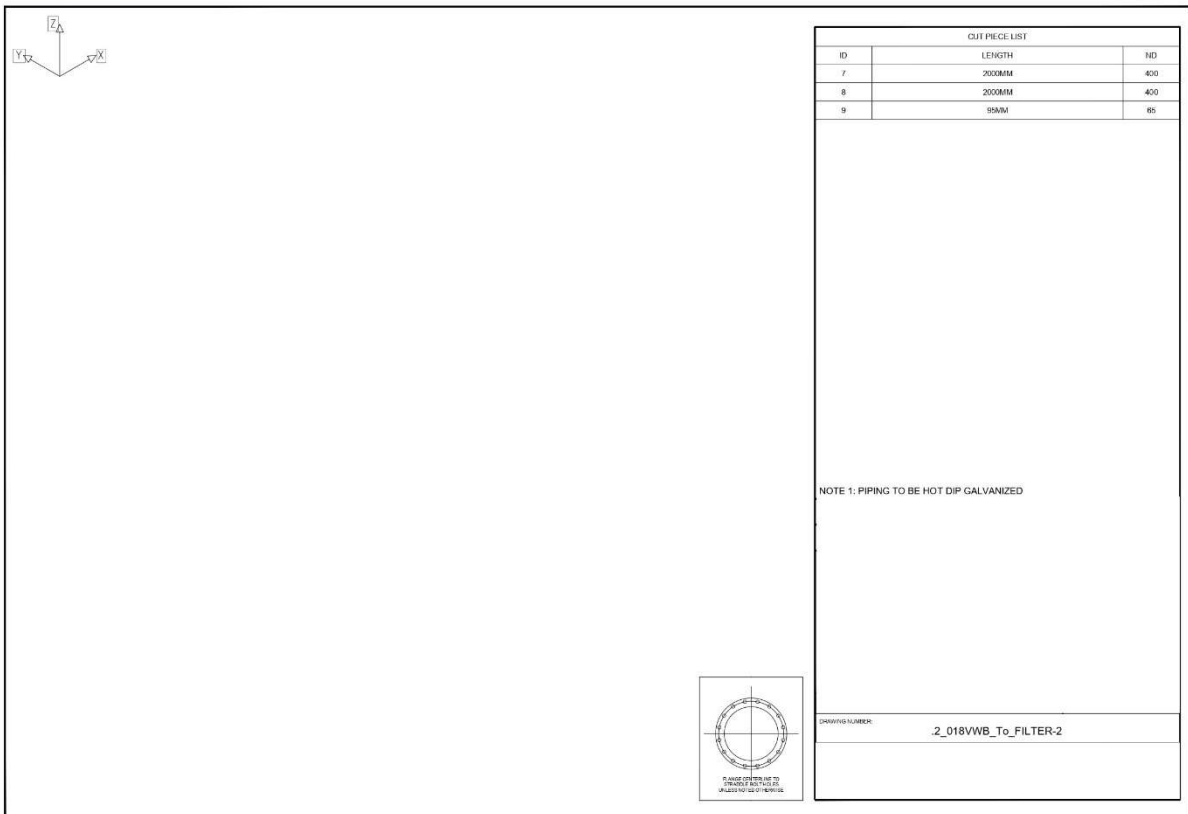


ISOMETRIC DRAWINGS

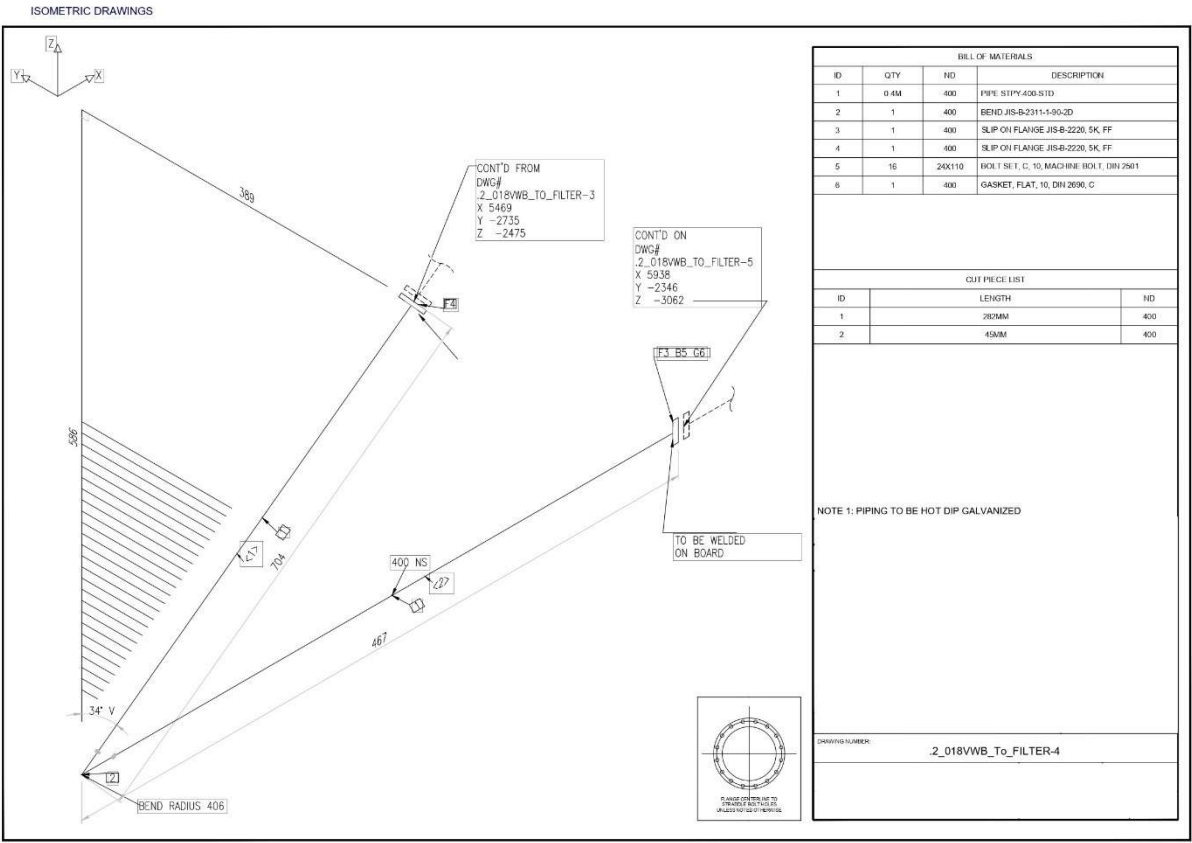
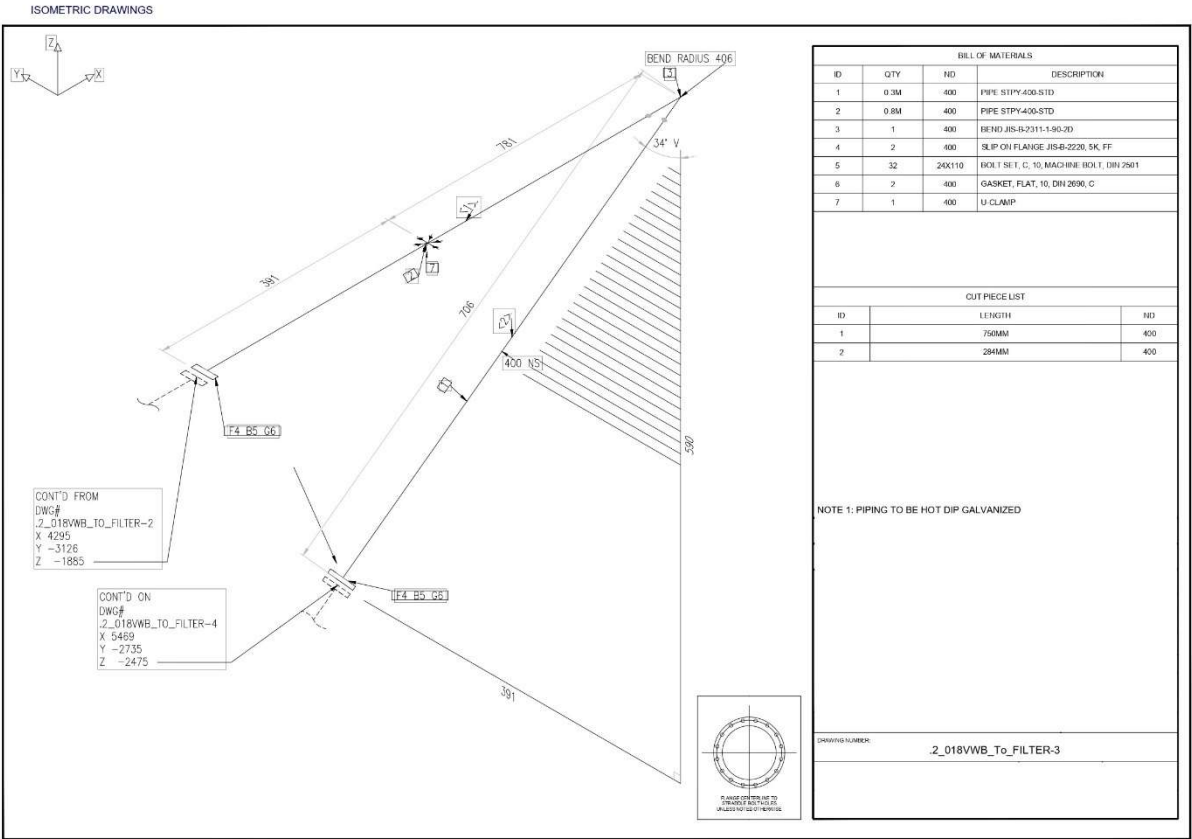


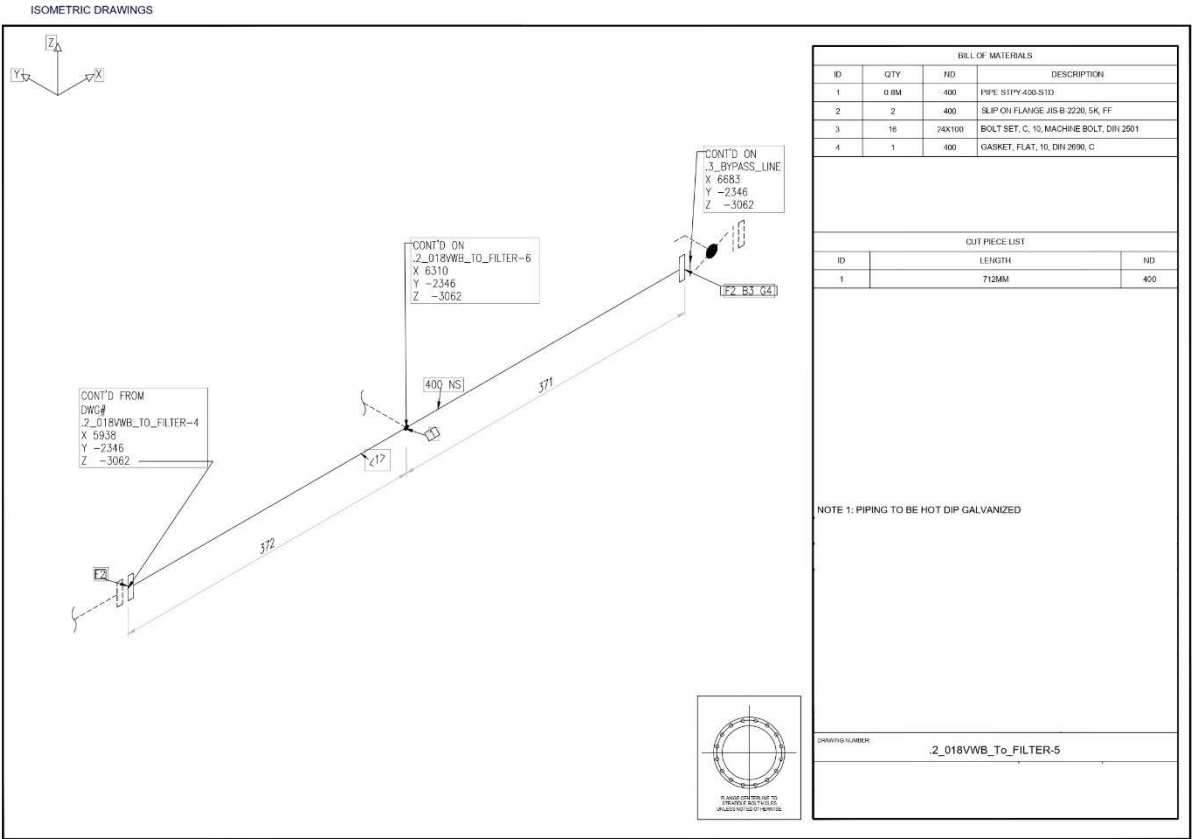
18

ISOMETRIC DRAWINGS

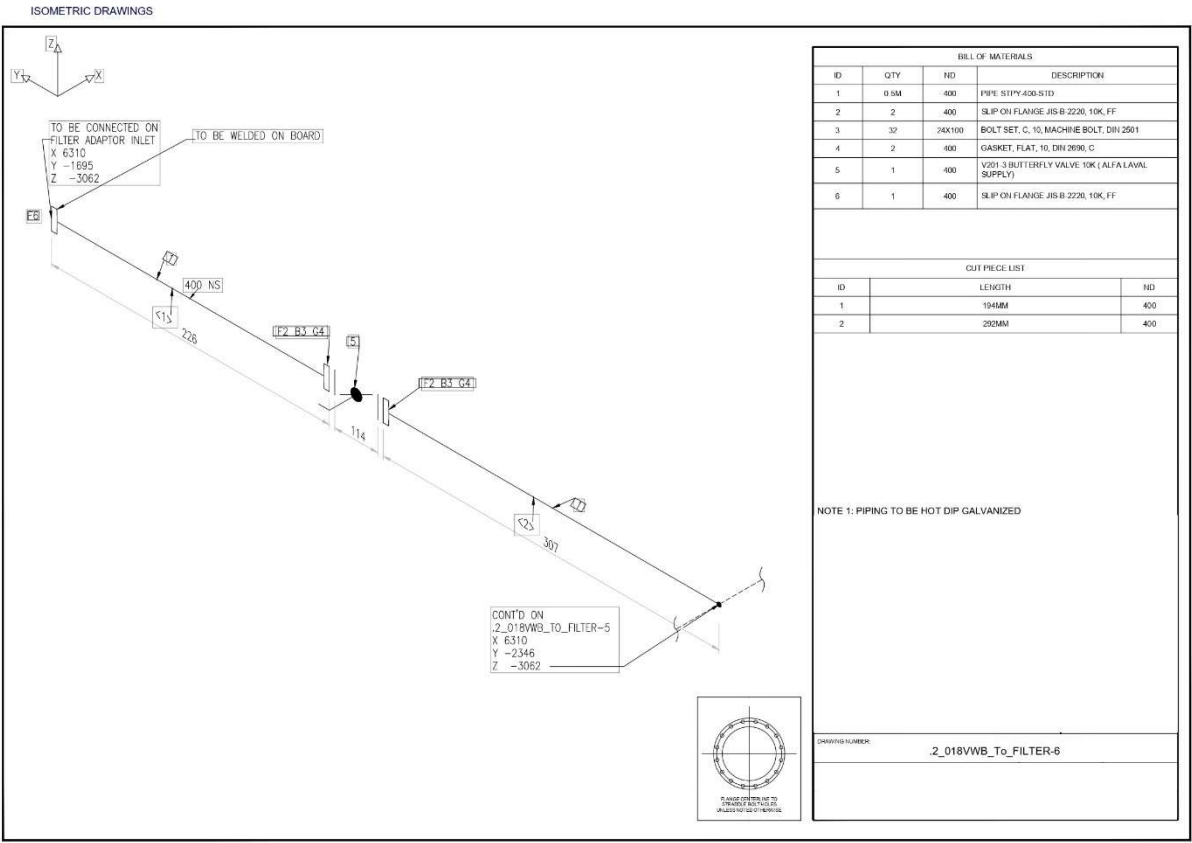


19



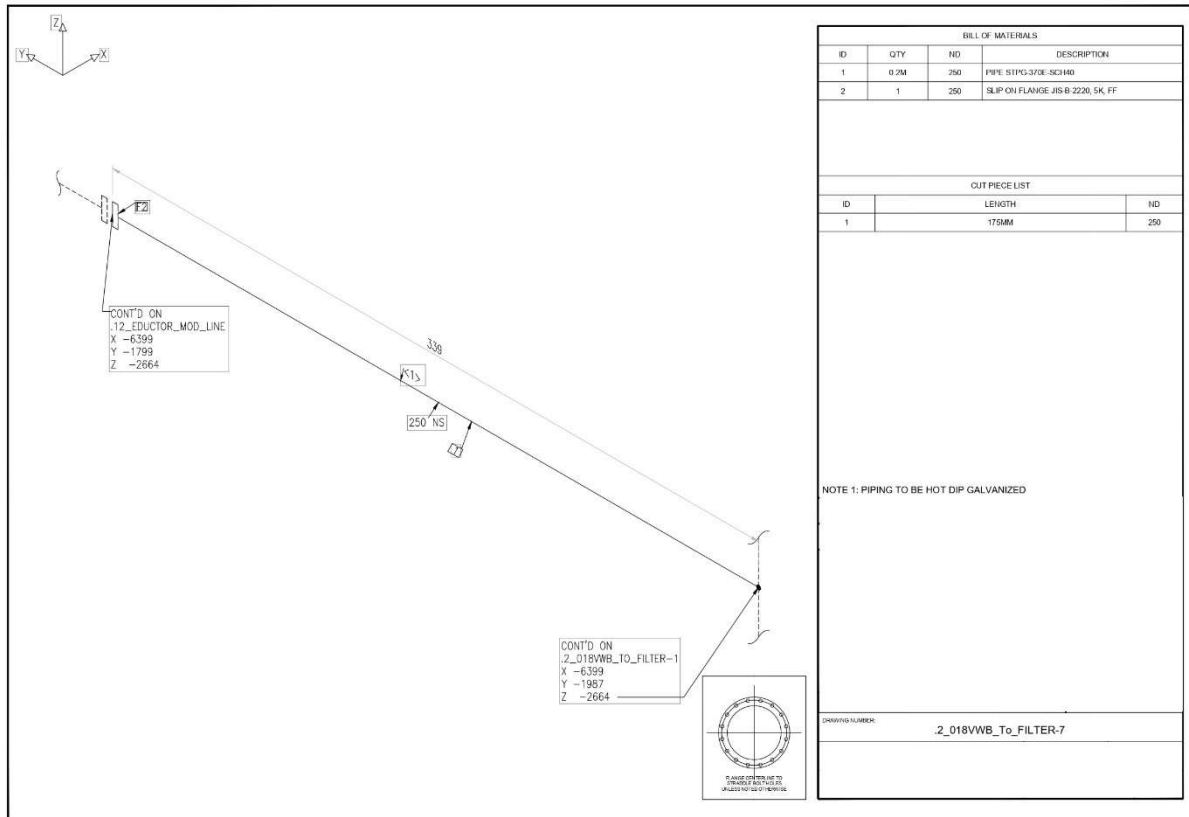


22



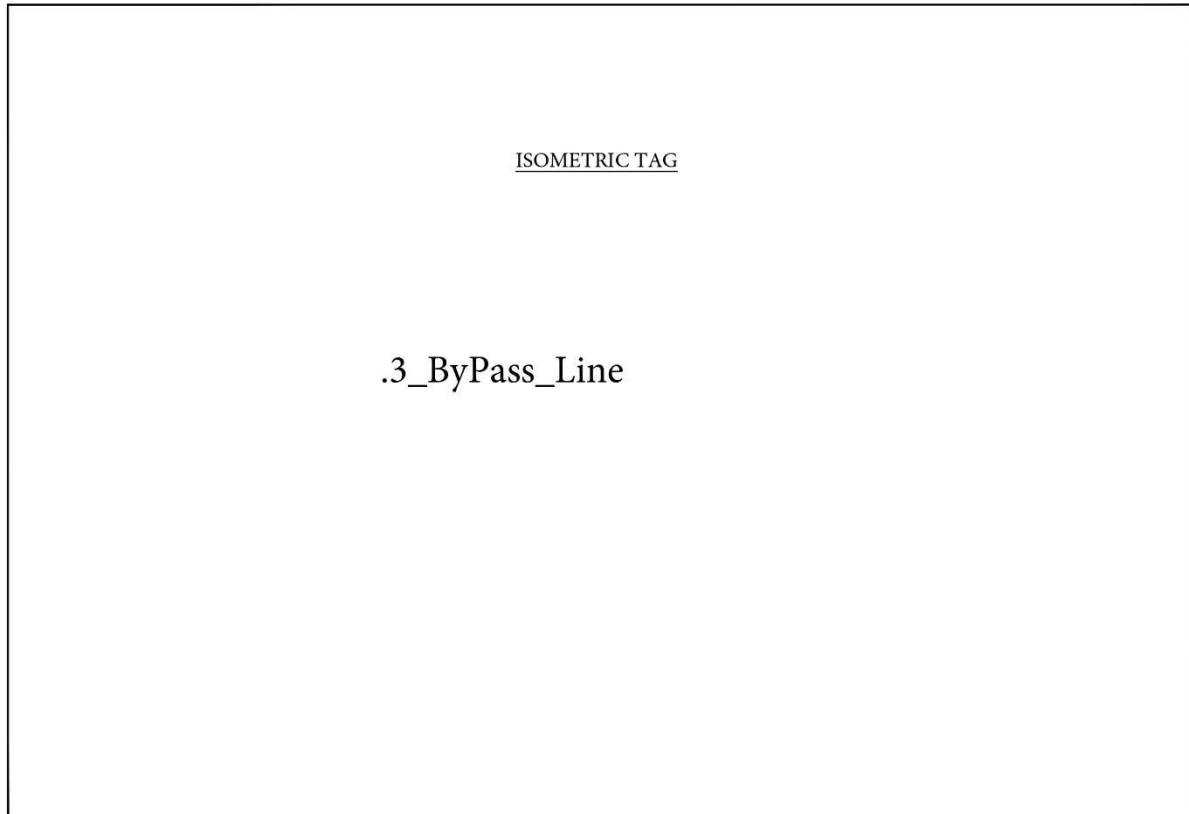
23

ISOMETRIC DRAWINGS

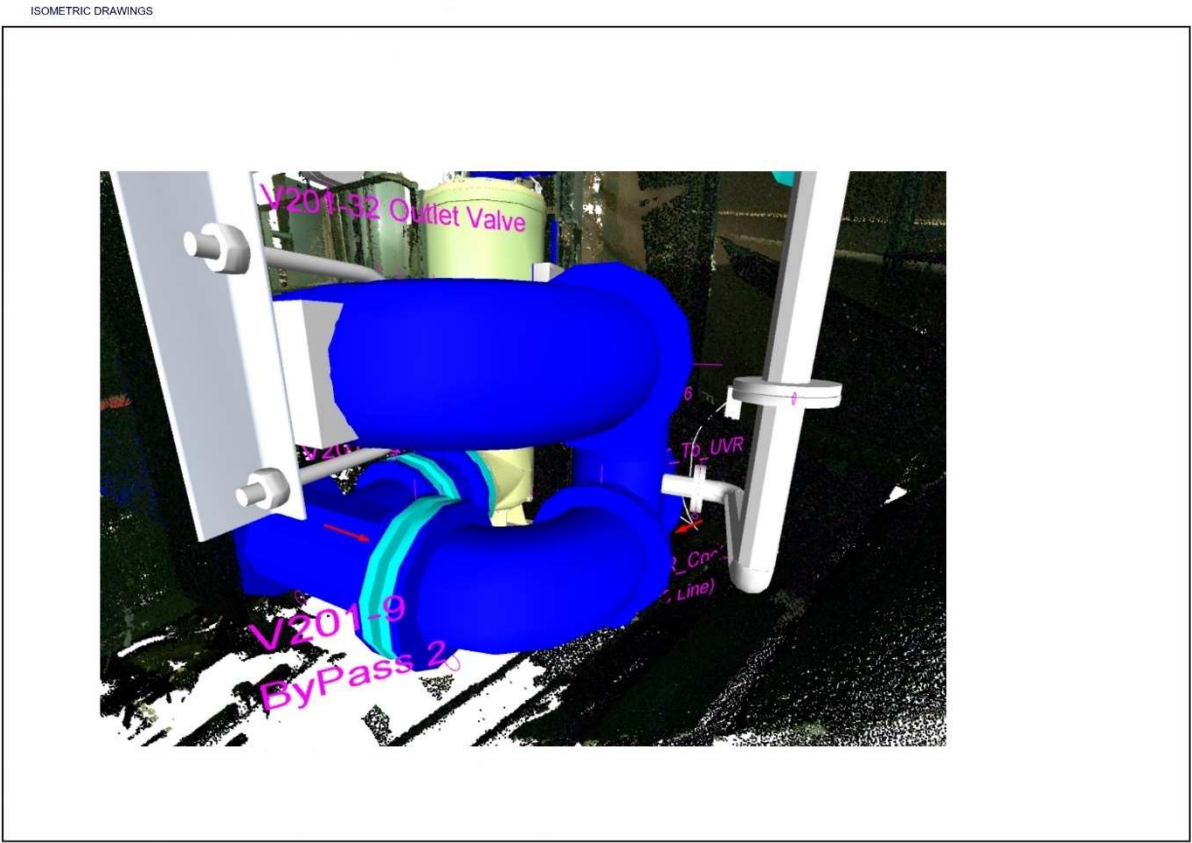
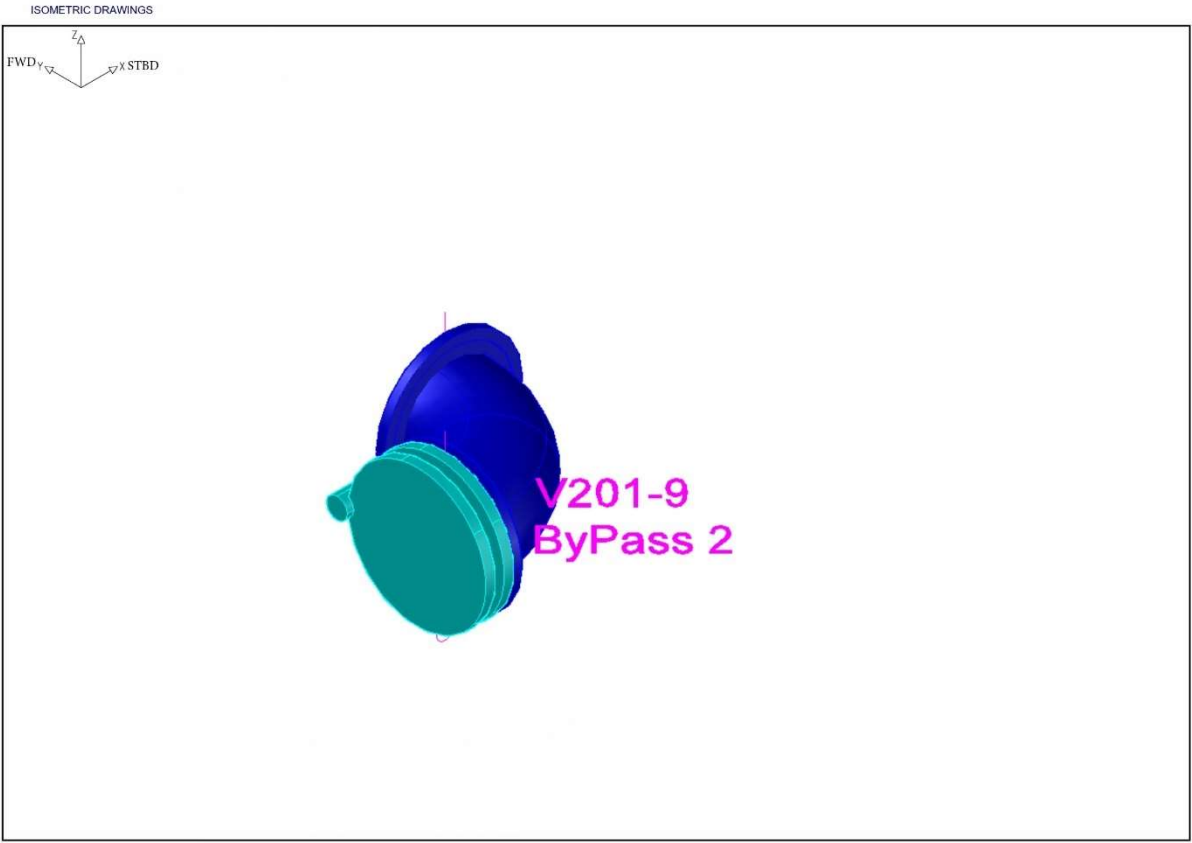


24

ISOMETRIC DRAWINGS



25



ISOMETRIC DRAWINGS

CONT'D ON
.4_FILTER_TO_UVR
X 7221
Y -1922
Z -3062

CONT'D ON
.2_018VWB_TO_FILTER
X 6683
Y -2346
Z -3062

BEND RADIUS 406

R4 BS. C7

R4 BS. C8

422

114

422

400 NS

BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	1	400	BEND JIS-B-2211, 150, 20
2	1	400	SLIP ON FLANGE JIS-B-2220, 10K, FF
3	1	400	SLIP ON FLANGE JIS-B-2220, 5K, FF
4	16	24X100	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, DIN 2501
5	16	24X110	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, DIN 2501
6	1	400	GASKET, FLAT, 10, DIN 2690, C
7	1	400	GASKET, FLAT, 10, DIN 2690, C
8	1	400	V201-9 BUTTERFLY VALVE 10K (ALFA LAVAL SUPPLY)

NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED

DRAWING NUMBER: .3_ByPass_Line

5. ANGLES GIVEN ARE TO STRAIGHT PORTS UNLESS INDICATED TO THE CONTRARY.

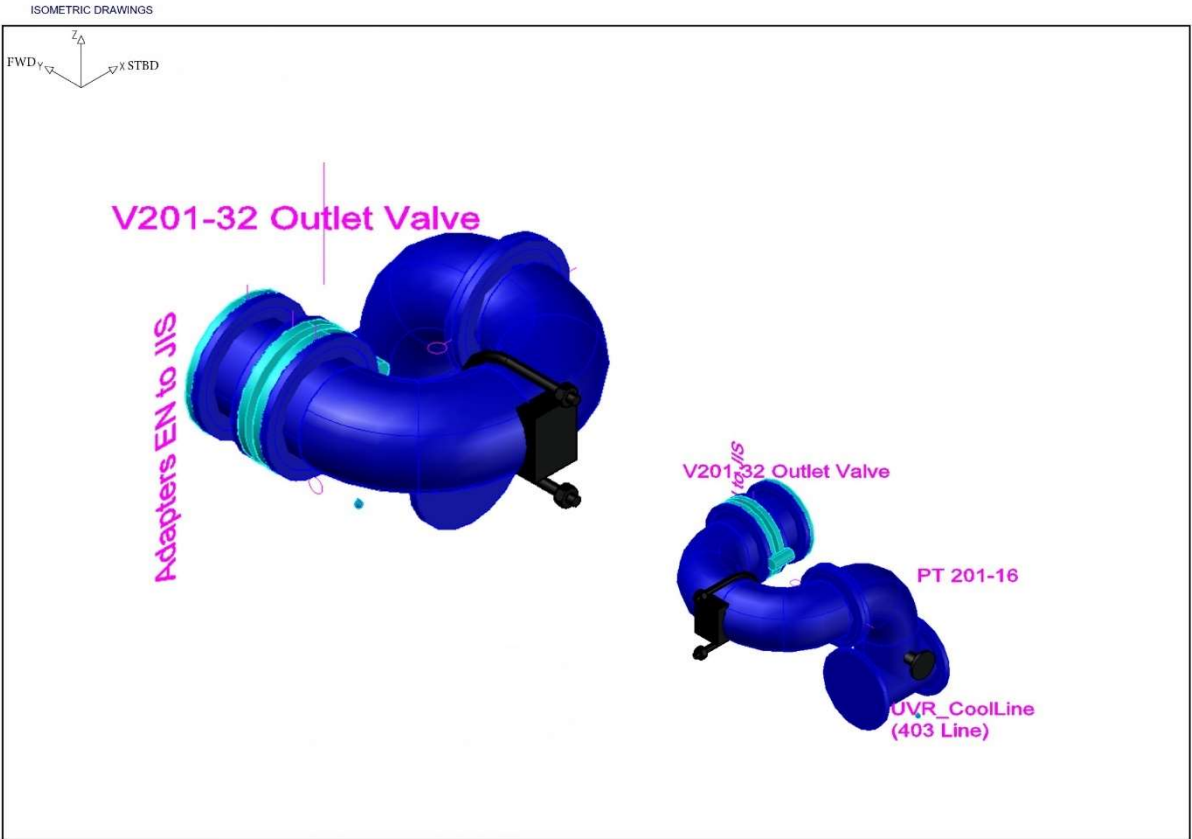
28

ISOMETRIC DRAWINGS

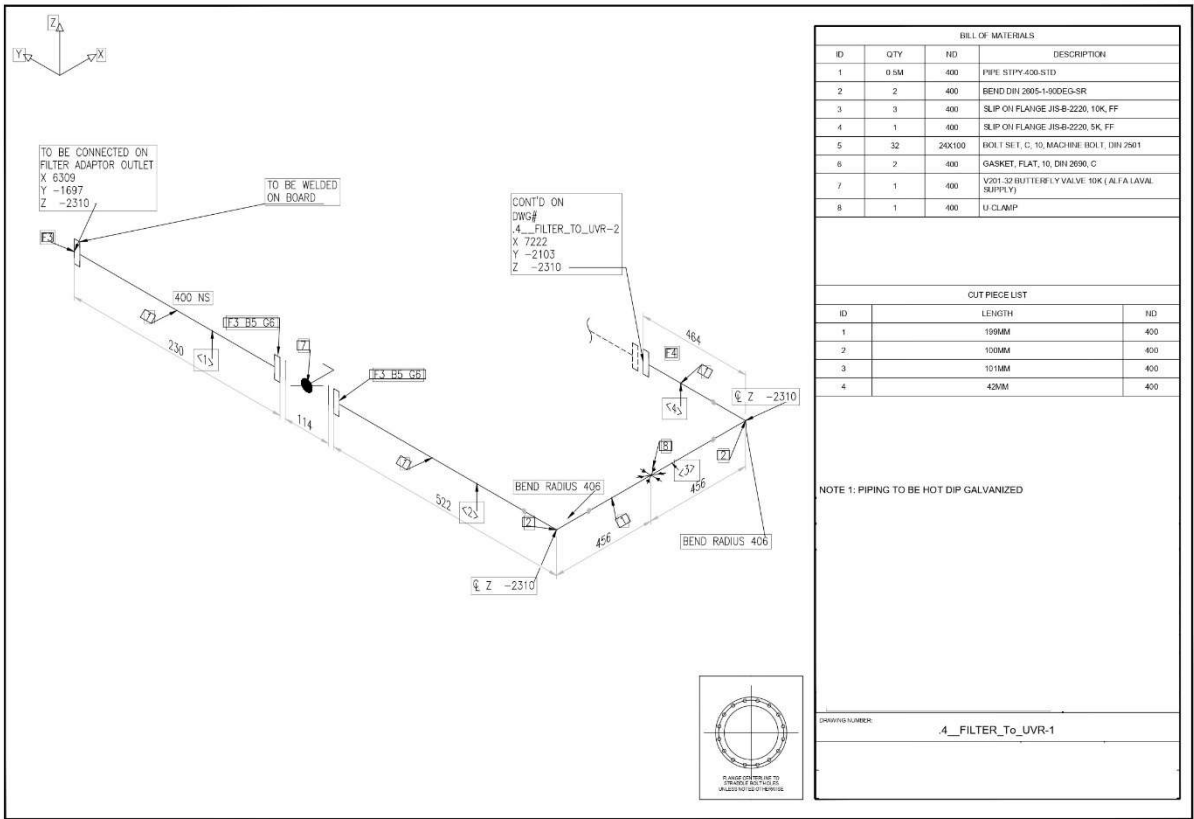
ISOMETRIC TAG

.4_FILTER_To_UVR

29

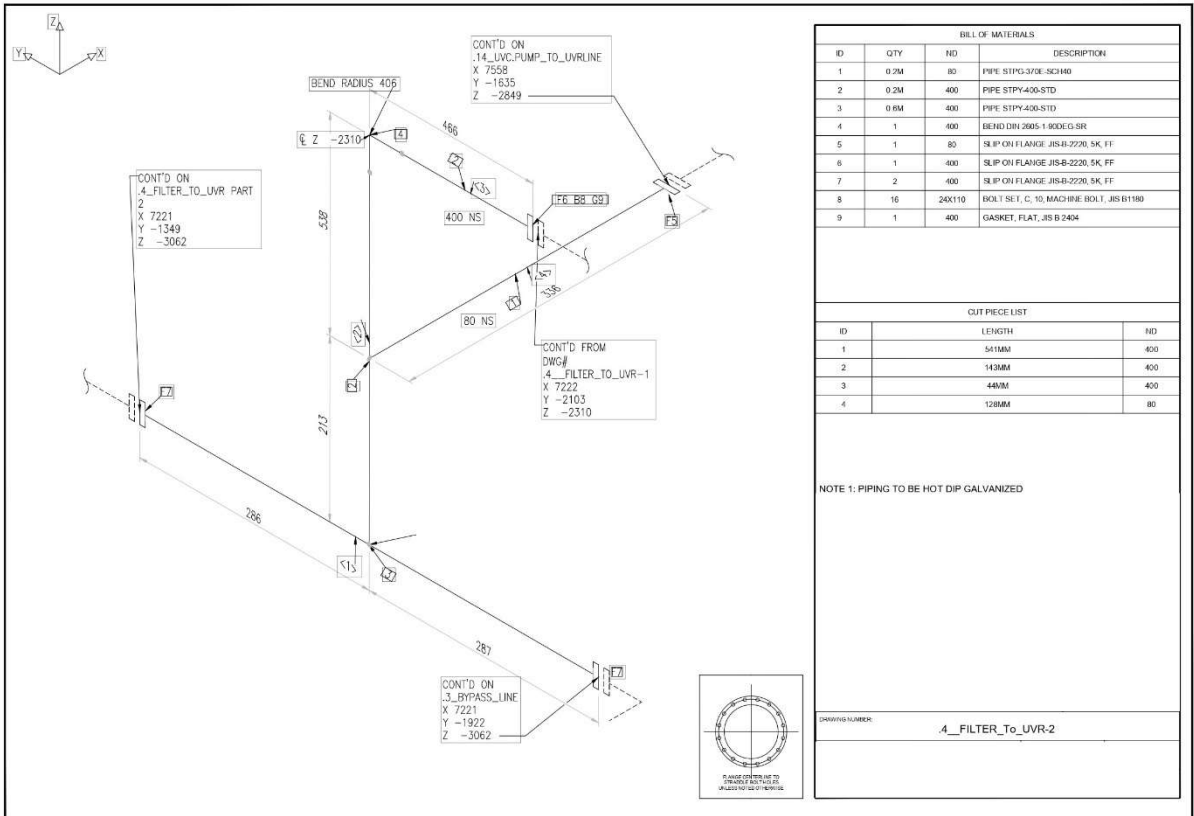


ISOMETRIC DRAWINGS



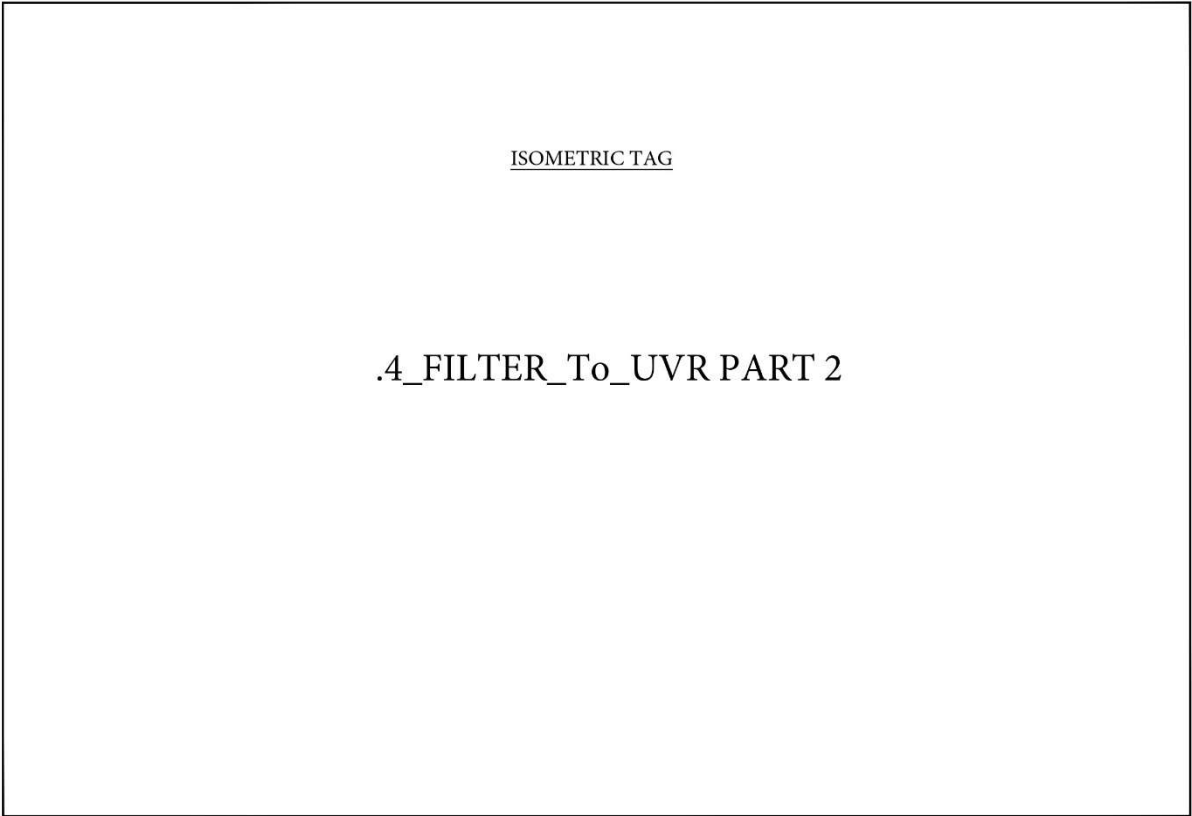
32

ISOMETRIC DRAWINGS



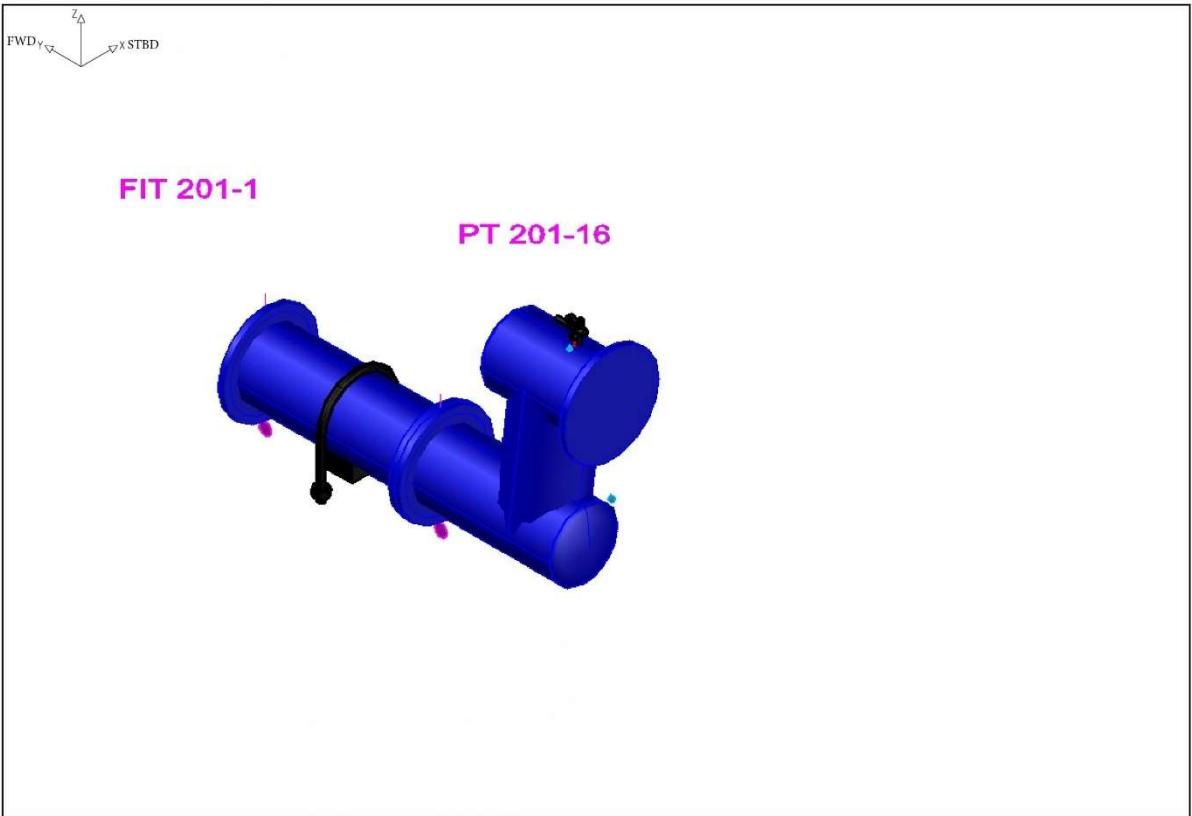
33

ISOMETRIC DRAWINGS



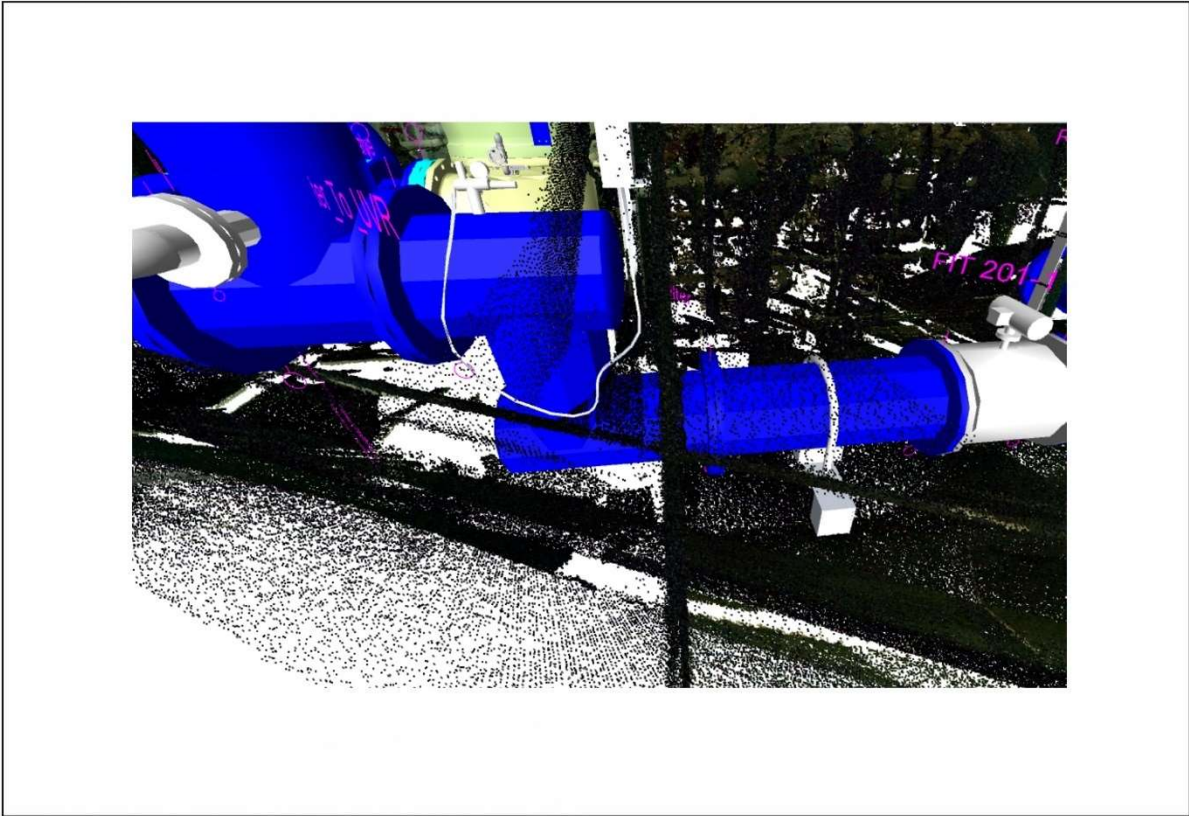
34

ISOMETRIC DRAWINGS



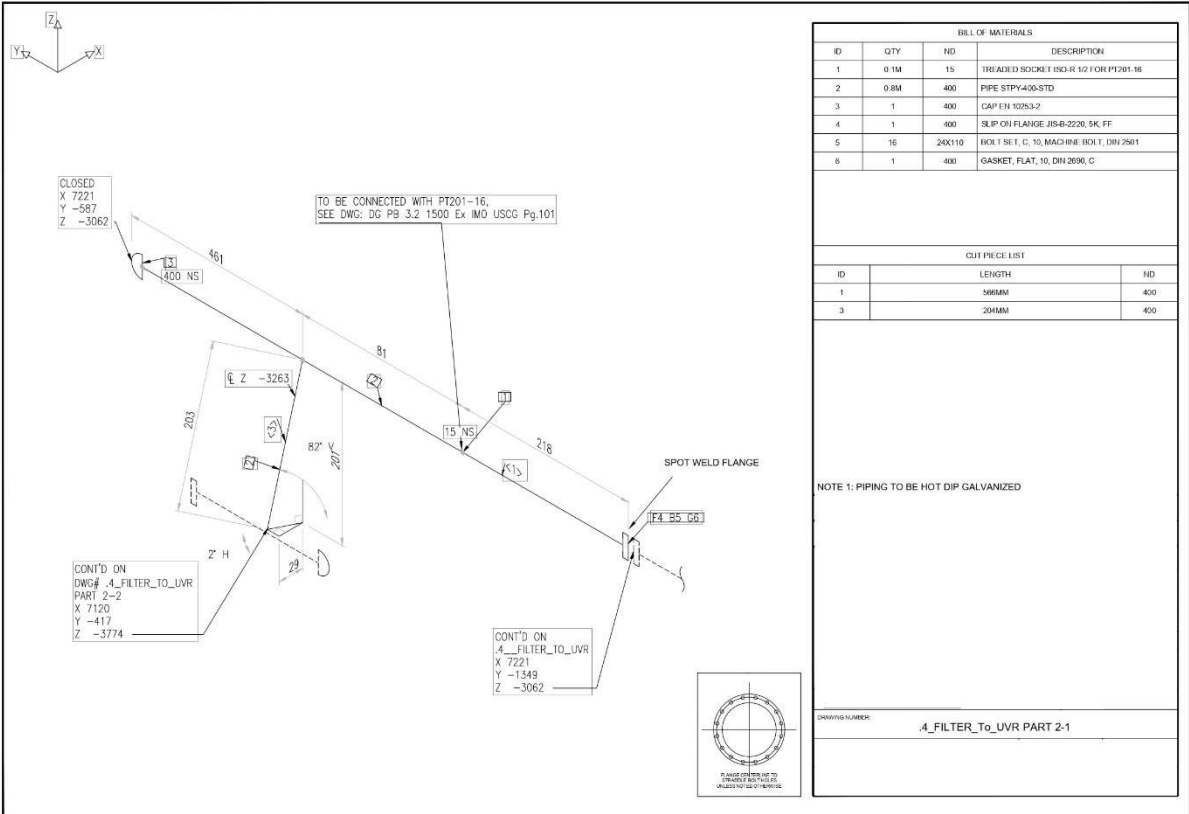
35

ISOMETRIC DRAWINGS



36

ISOMETRIC DRAWINGS



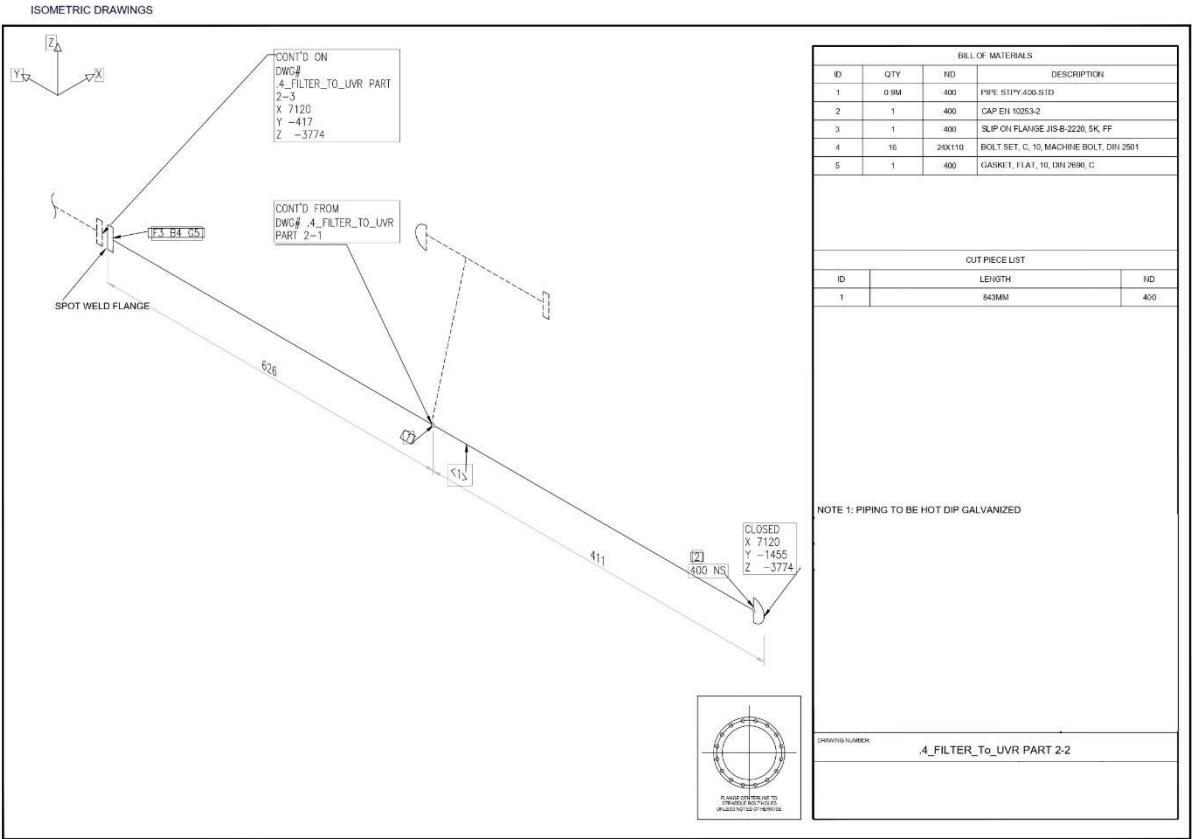
BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	0.1M	15	TREADED SOCKET ISO-R 1/2 F OR PT201-16
2	0.8M	400	PIPE STPY430-STD
3	1	400	CAP EN 10263-2
4	1	400	SLIP ON FLANGE JIS-B-2220, 5K, FF
5	16	24X110	BOLT SET, C, 10, MACH INE BOLT, DIN 2501
6	1	400	GASKET, FLAT, 10, DIN 2690, C

CUT PIECE LIST		
ID	LENGTH	NO
1	590MM	400
3	20MM	400

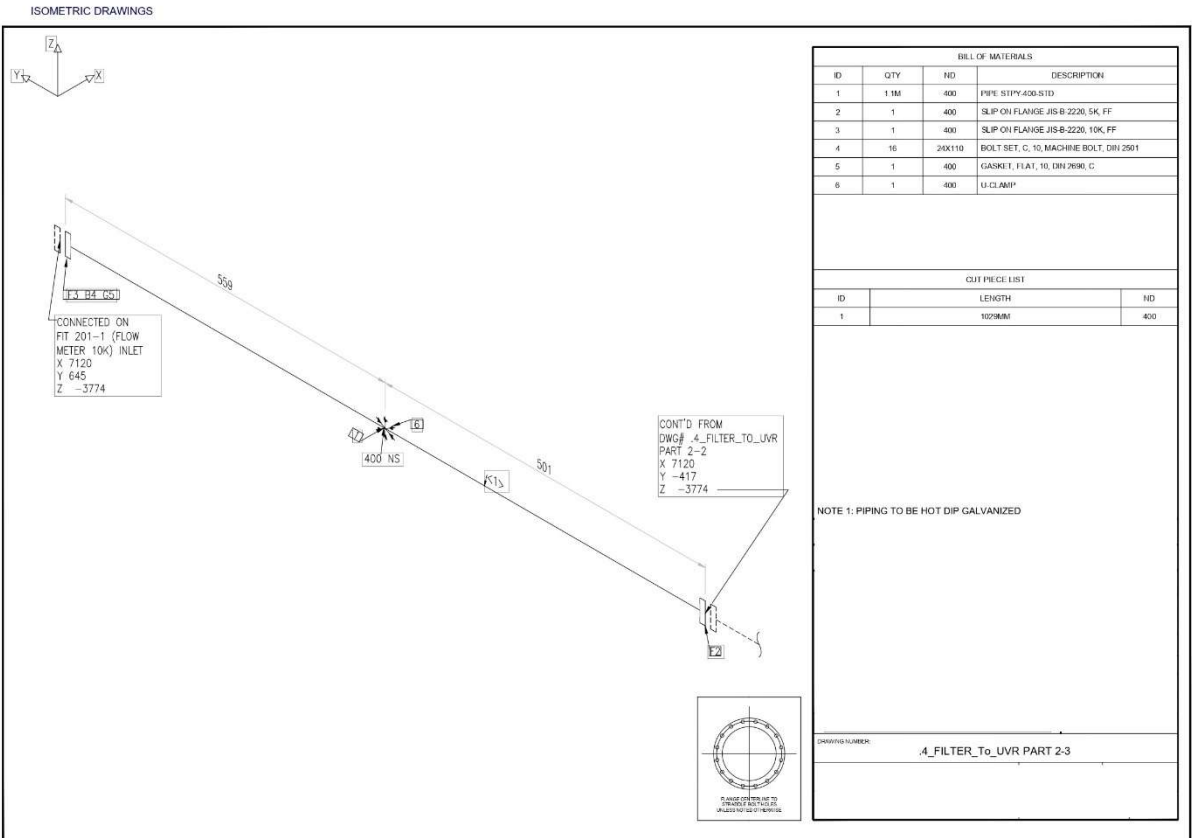
NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED

DRAWING NUMBER: A_FILTER_To_UVR PART 2-1

37

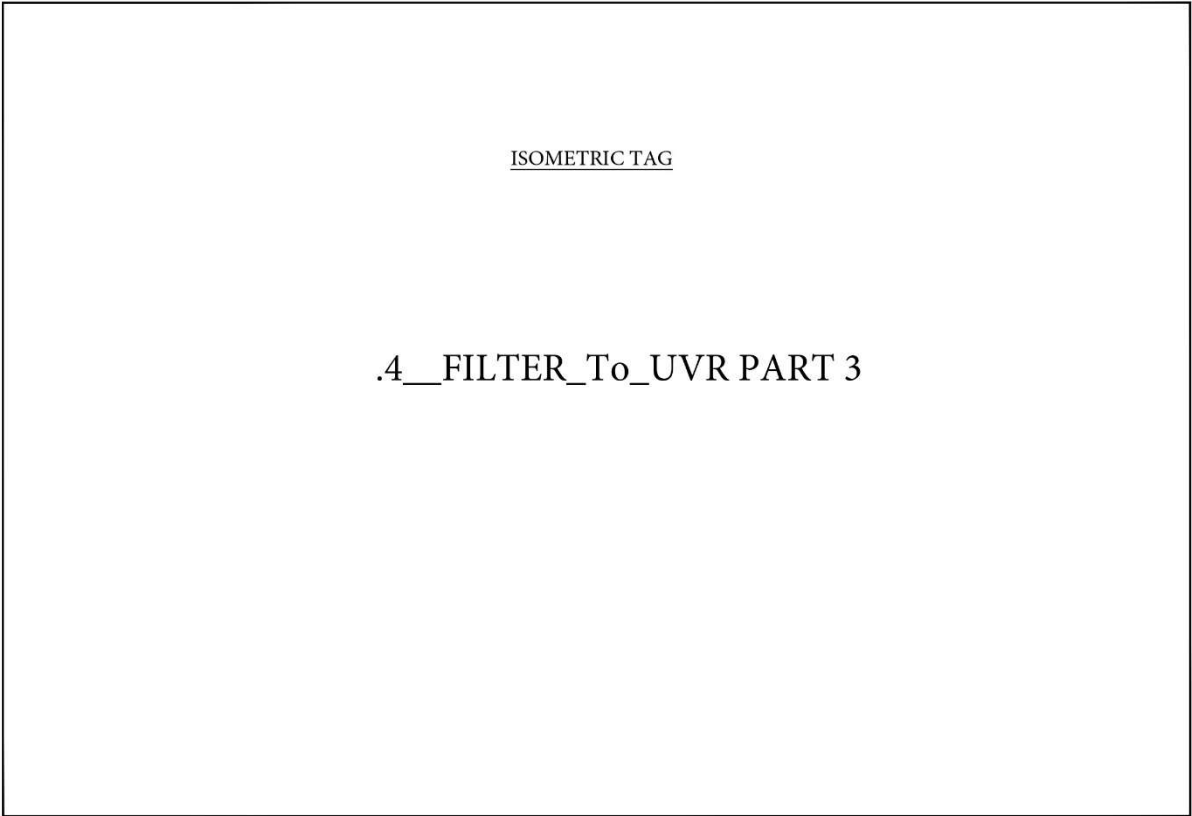


38



39

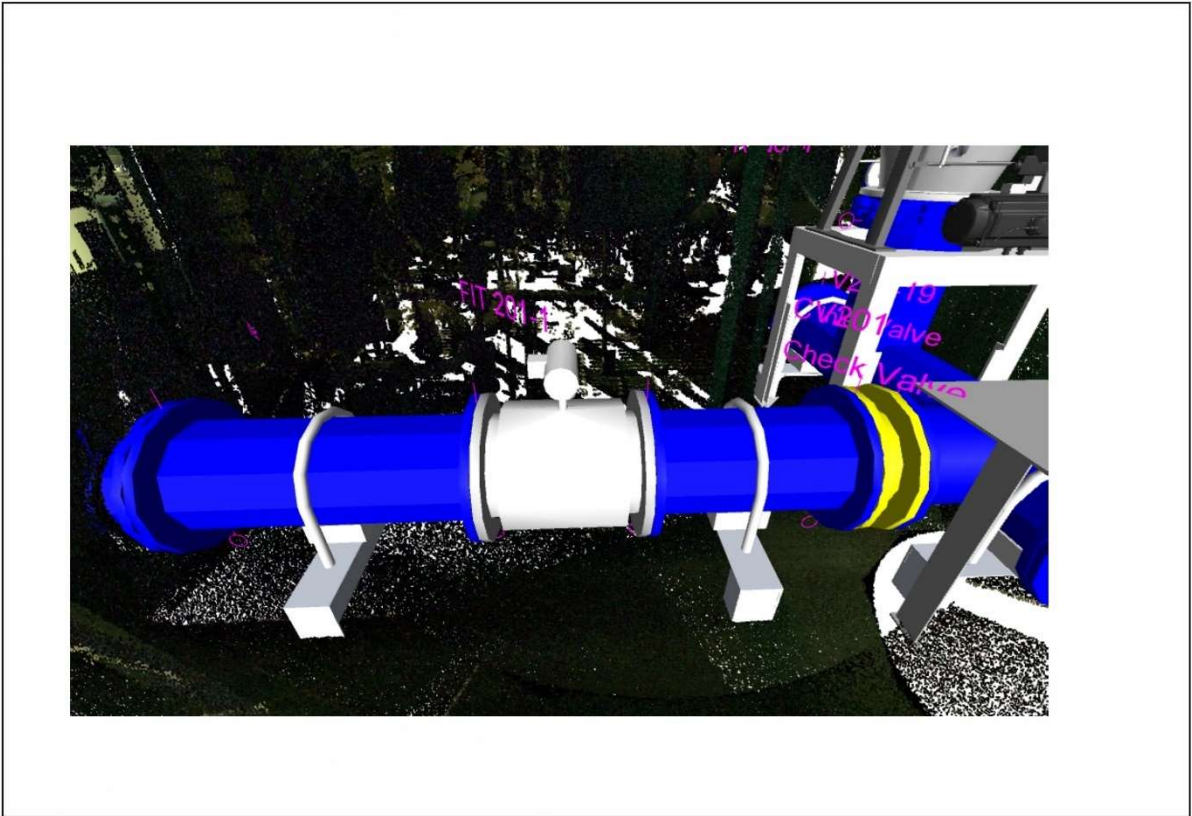
ISOMETRIC DRAWINGS



ISOMETRIC DRAWINGS

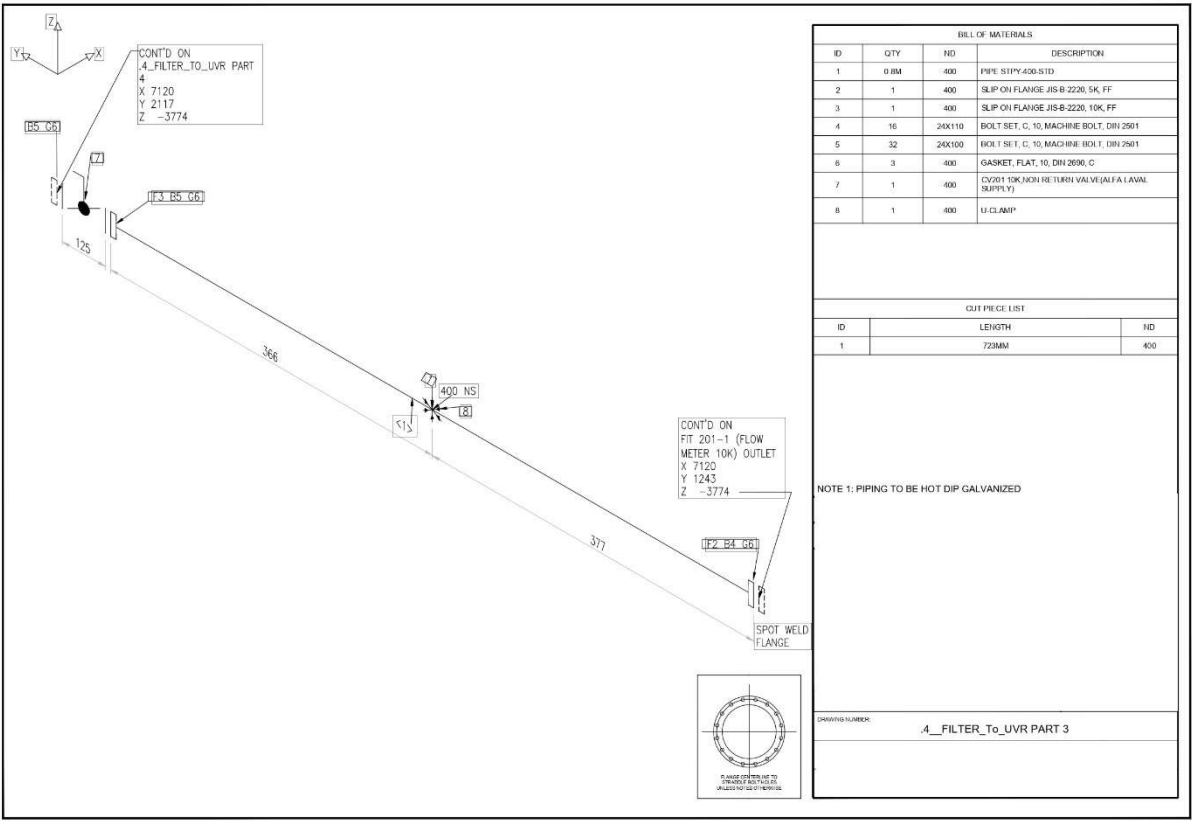


ISOMETRIC DRAWINGS



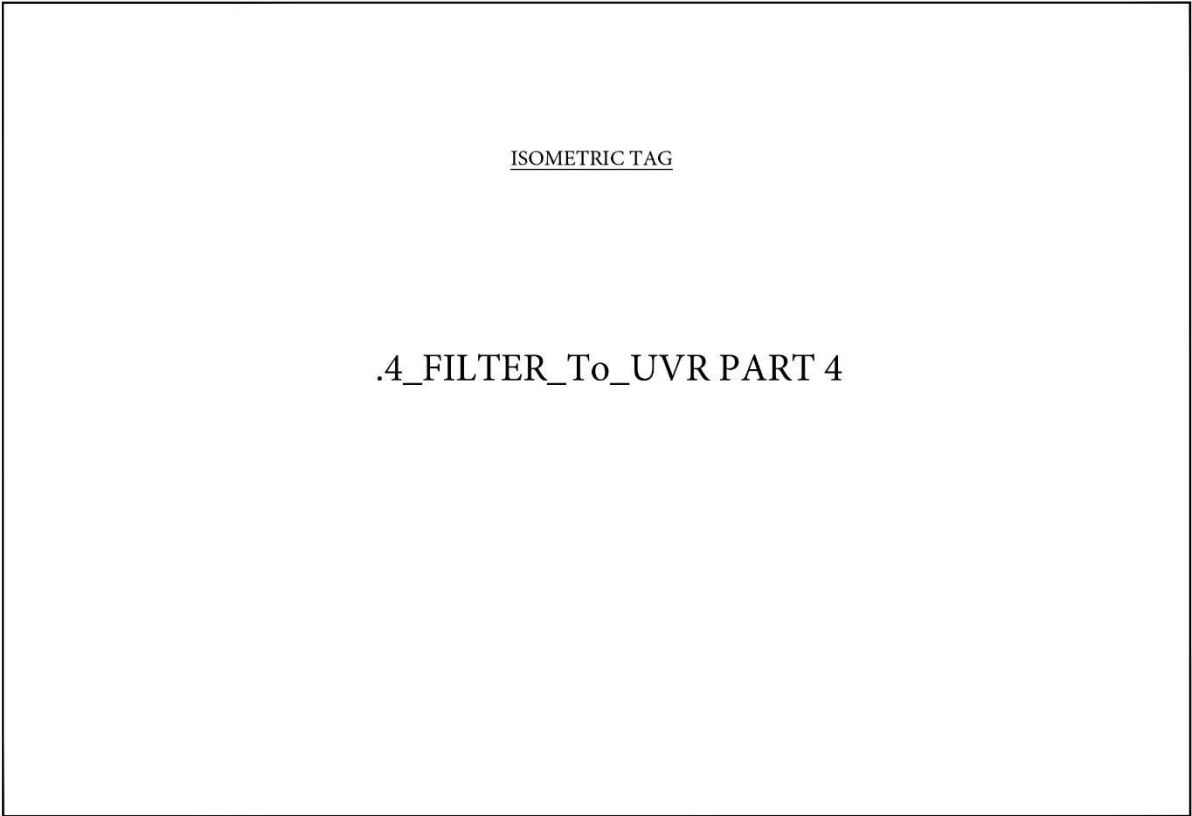
42

ISOMETRIC DRAWINGS



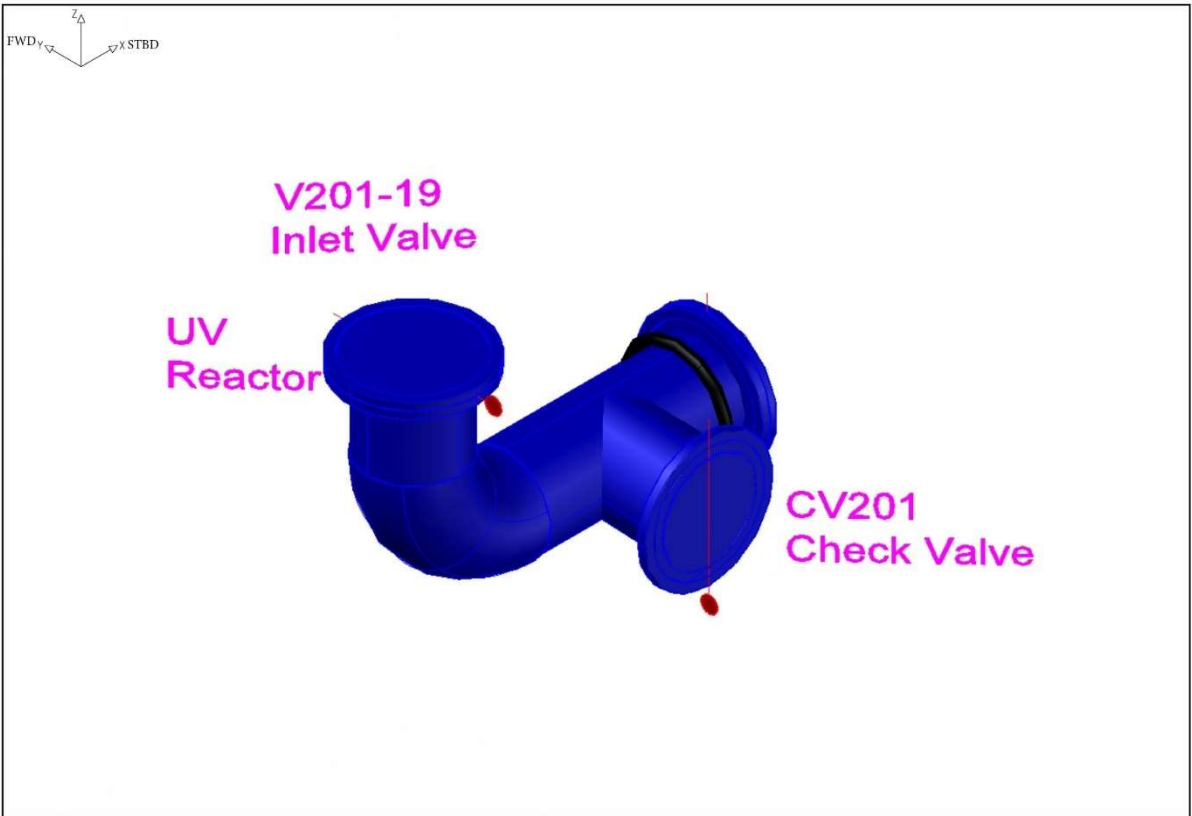
43

ISOMETRIC DRAWINGS



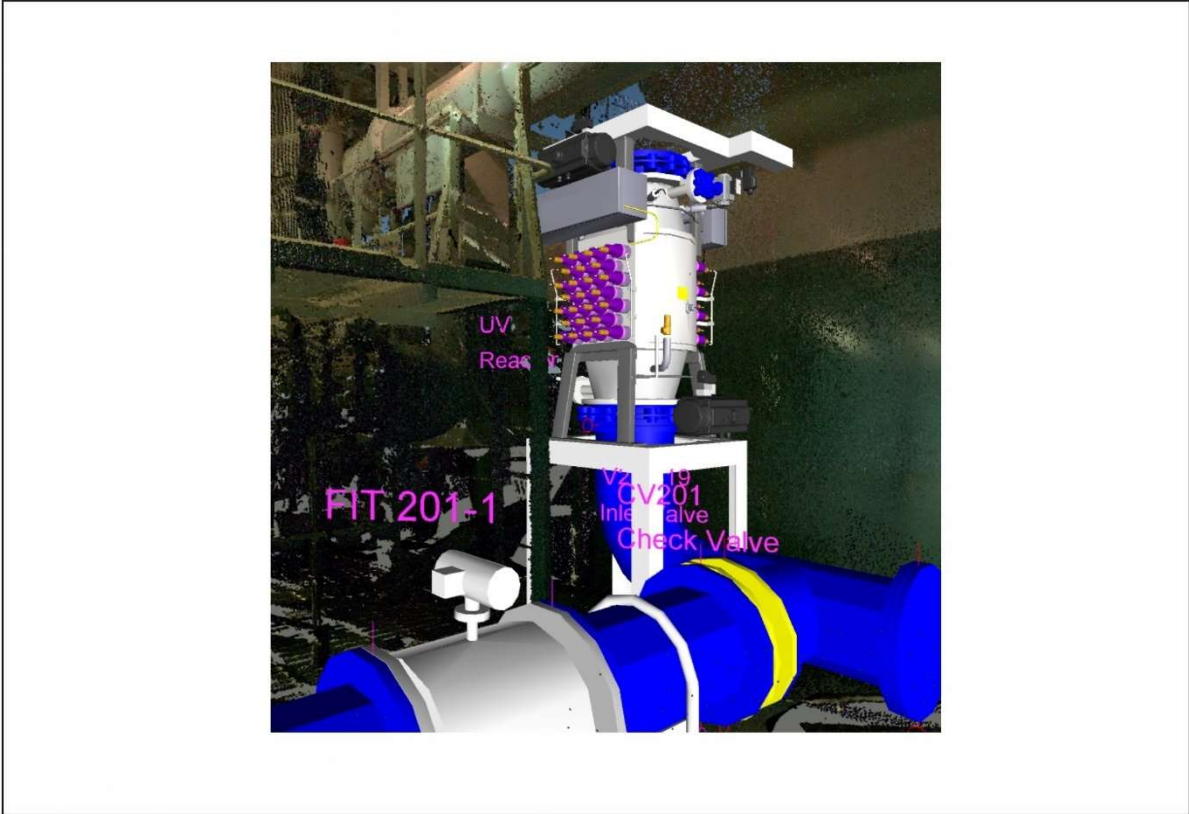
44

ISOMETRIC DRAWINGS



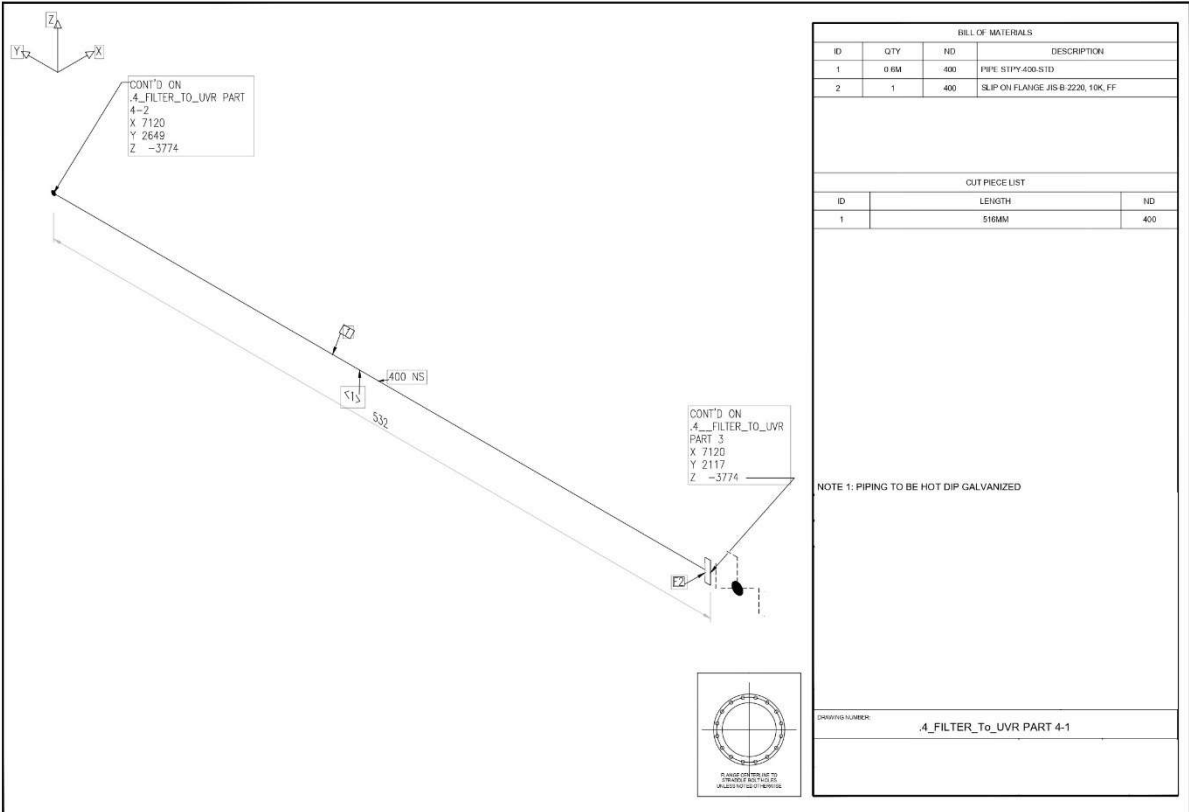
45

ISOMETRIC DRAWINGS

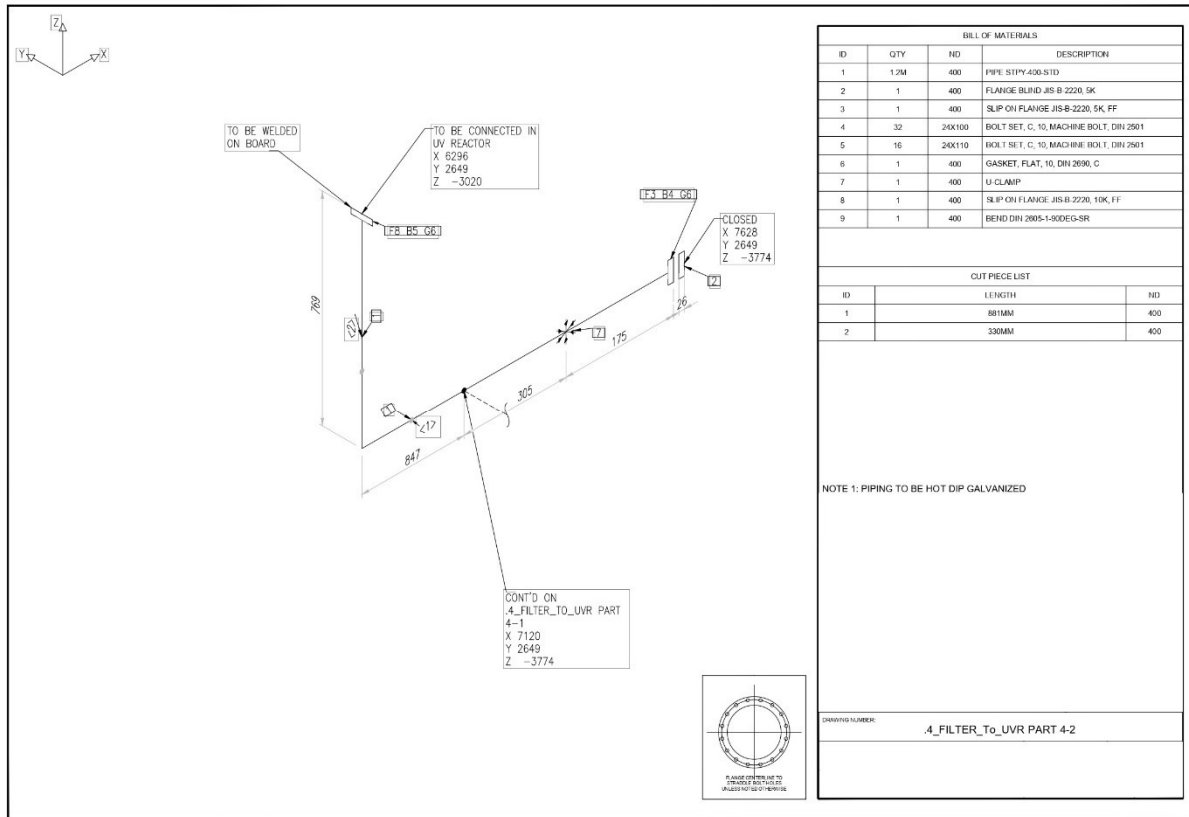


46

ISOMETRIC DRAWINGS



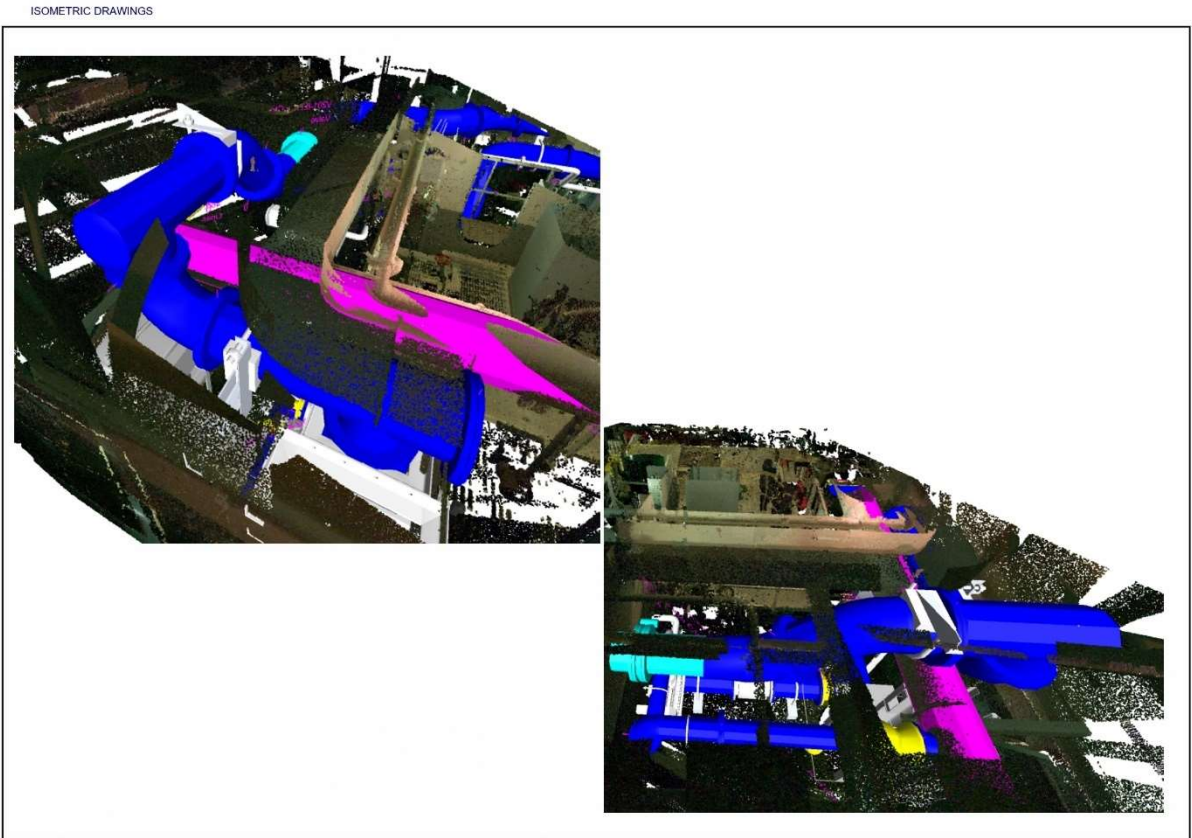
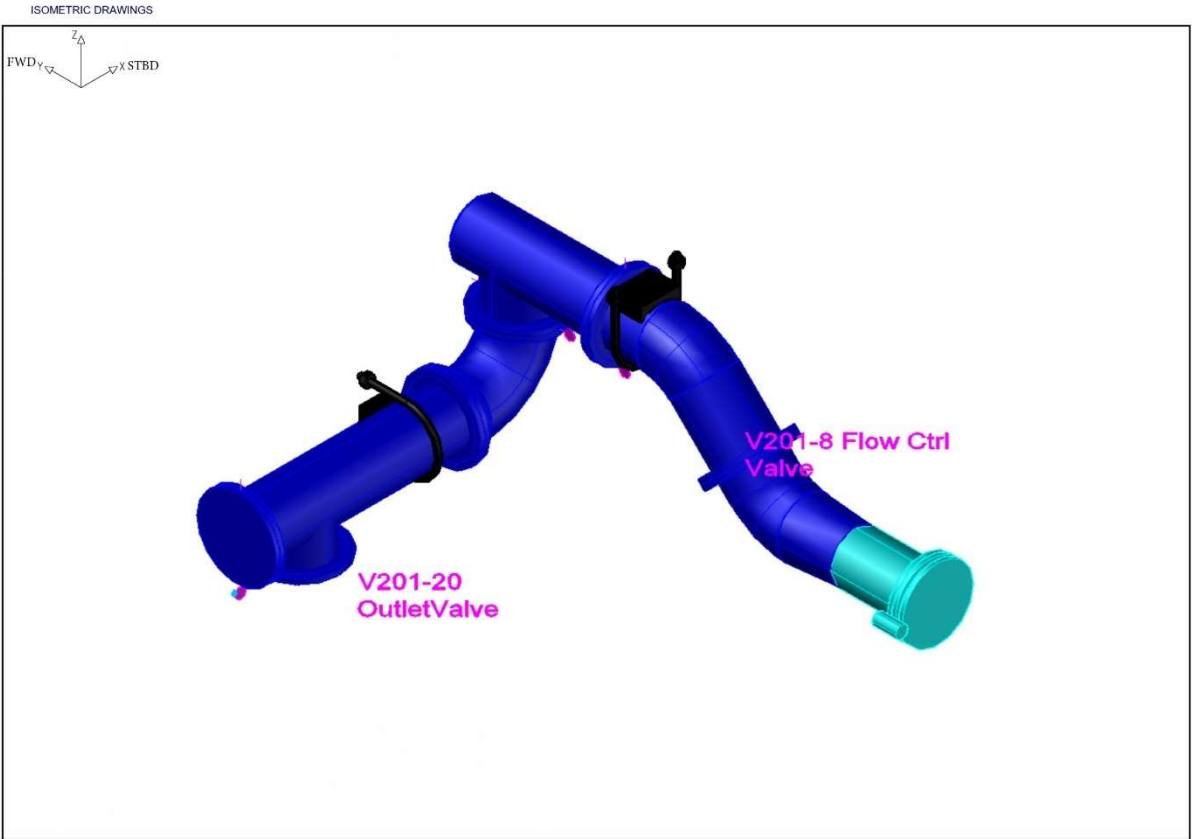
47



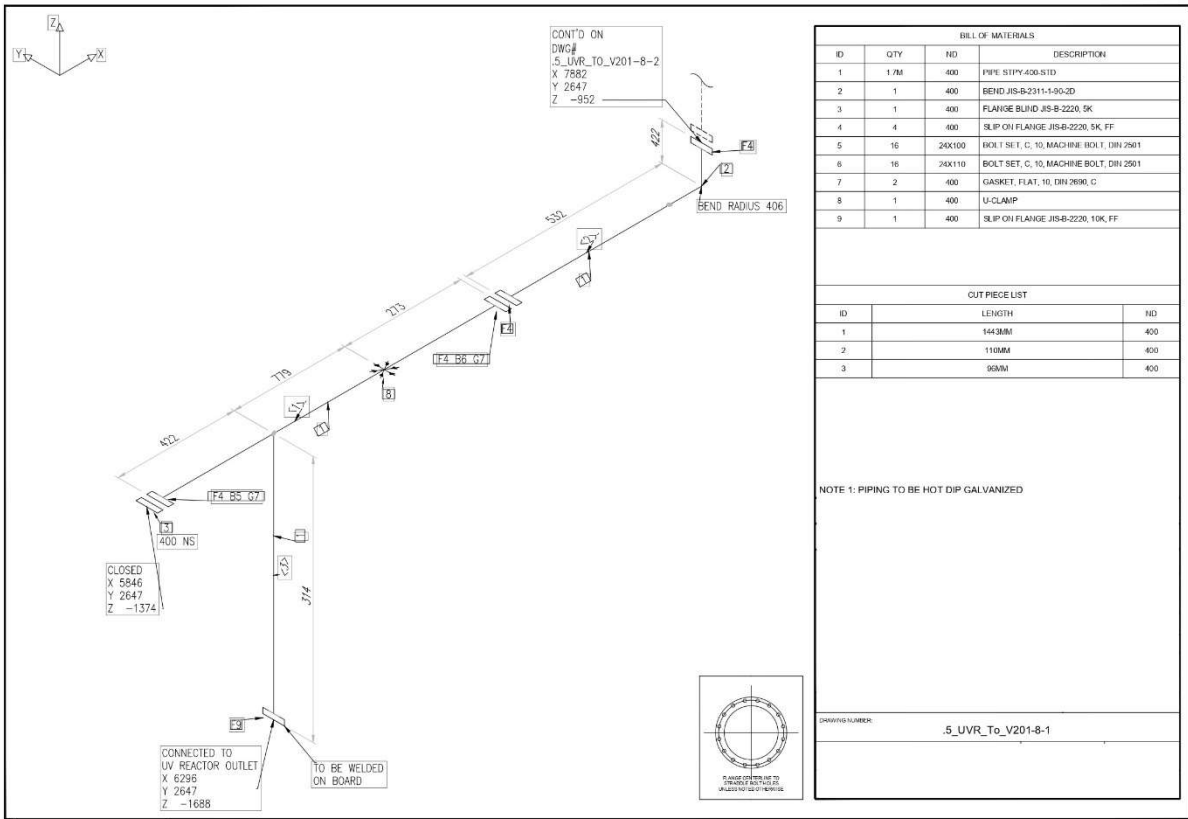
ISOMETRIC DRAWINGS

ISOMETRIC TAG

.5_UVR_To_V201-8

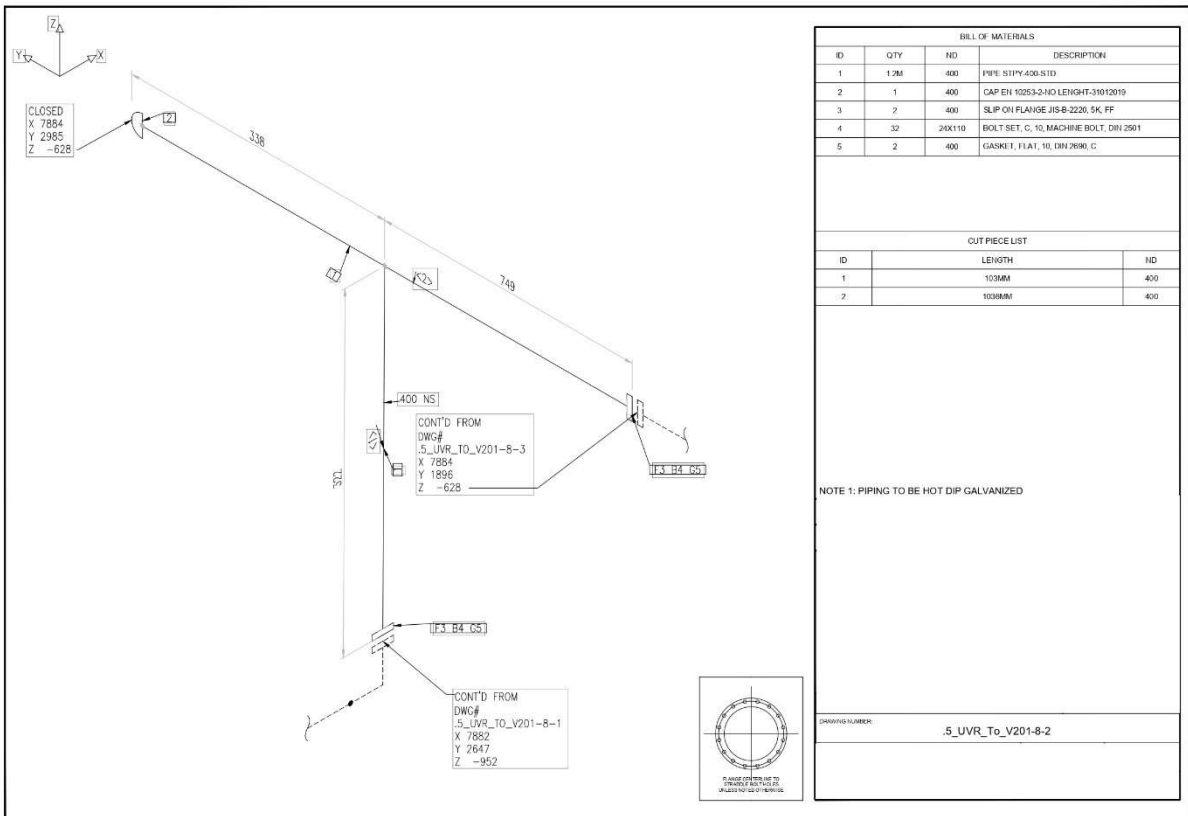


ISOMETRIC DRAWINGS

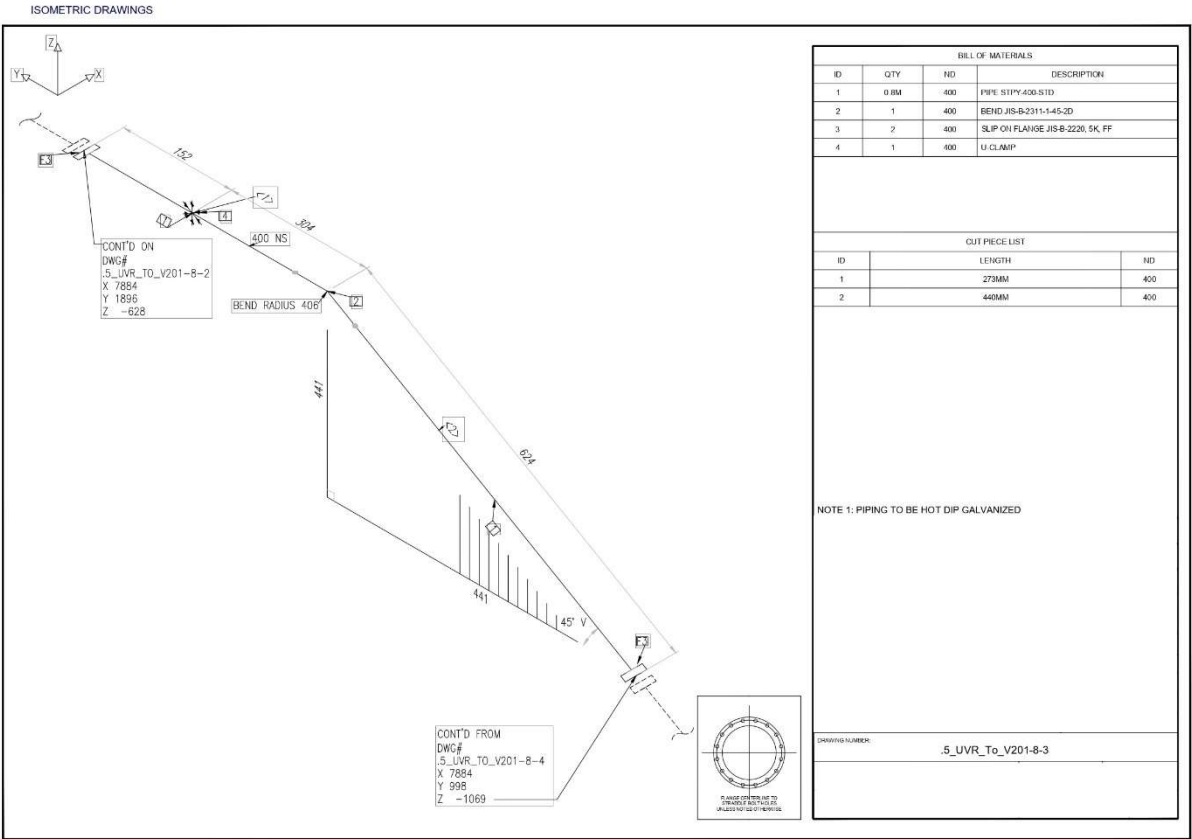


52

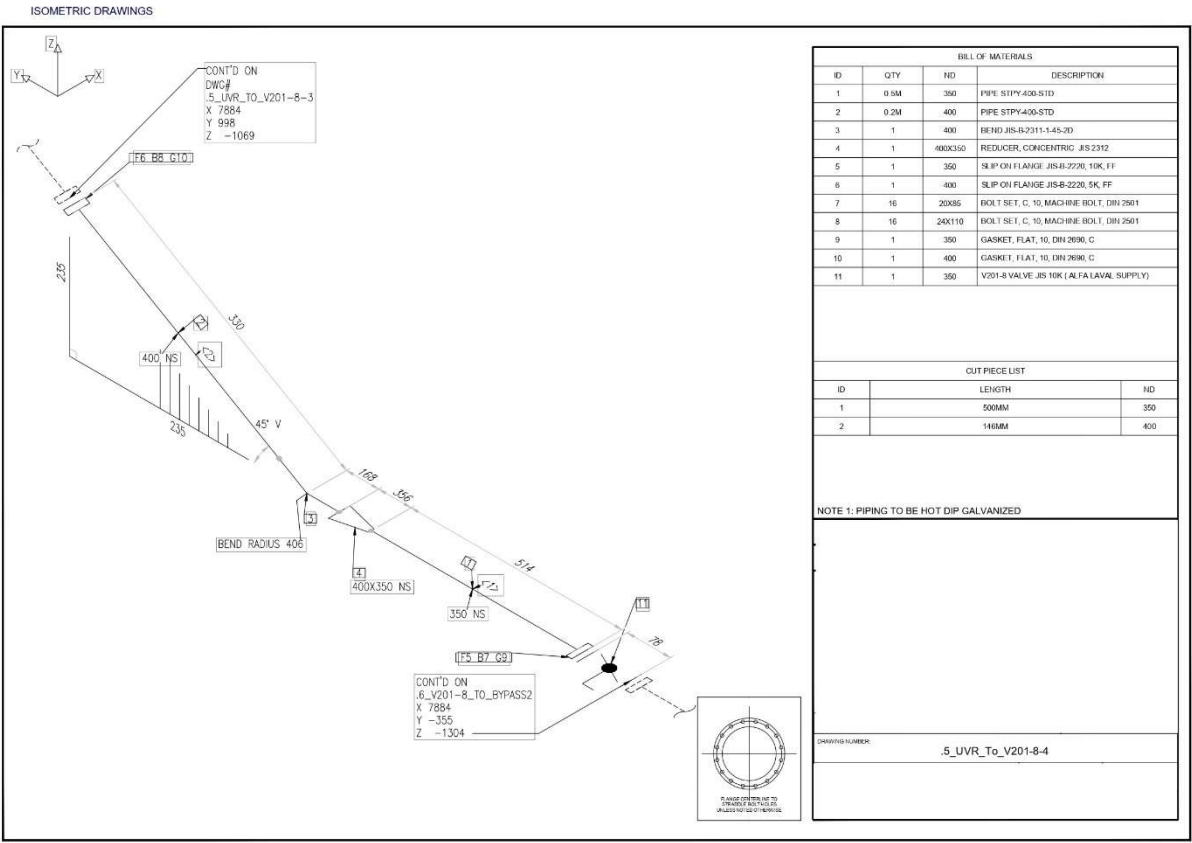
ISOMETRIC DRAWINGS



53

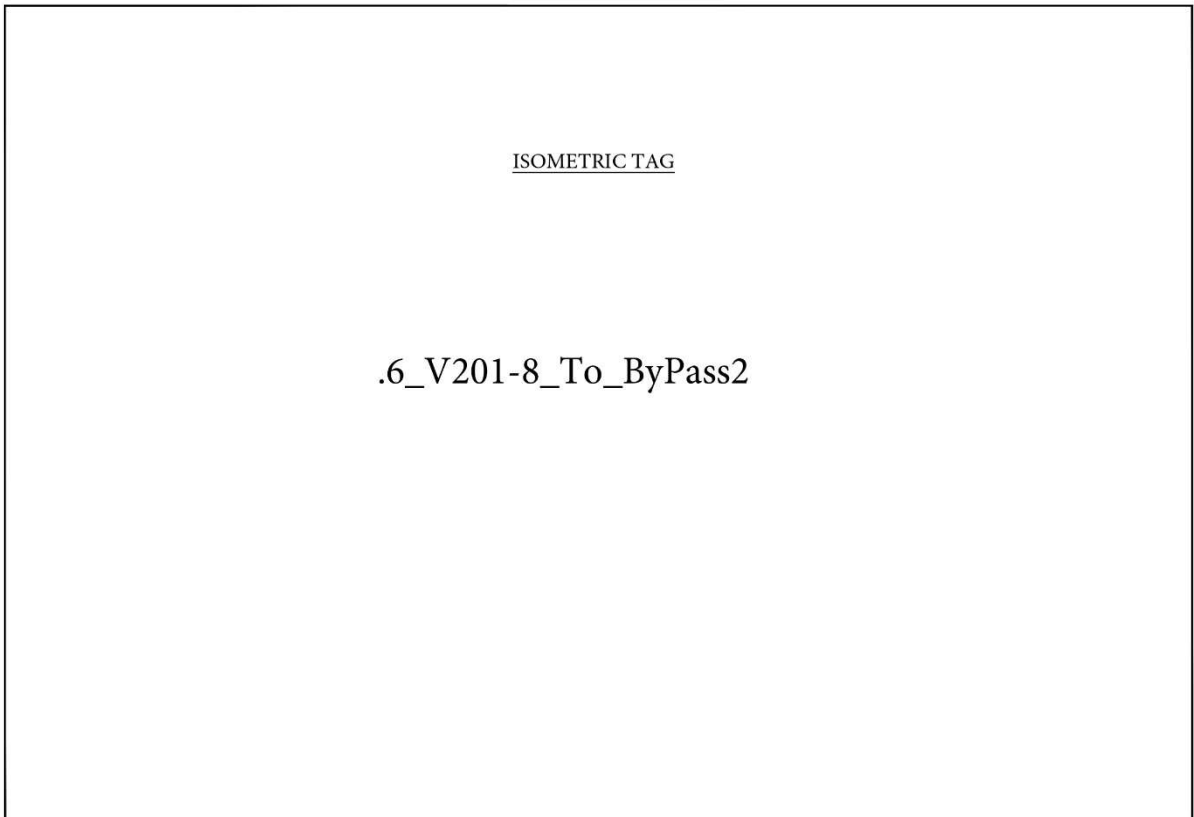


54



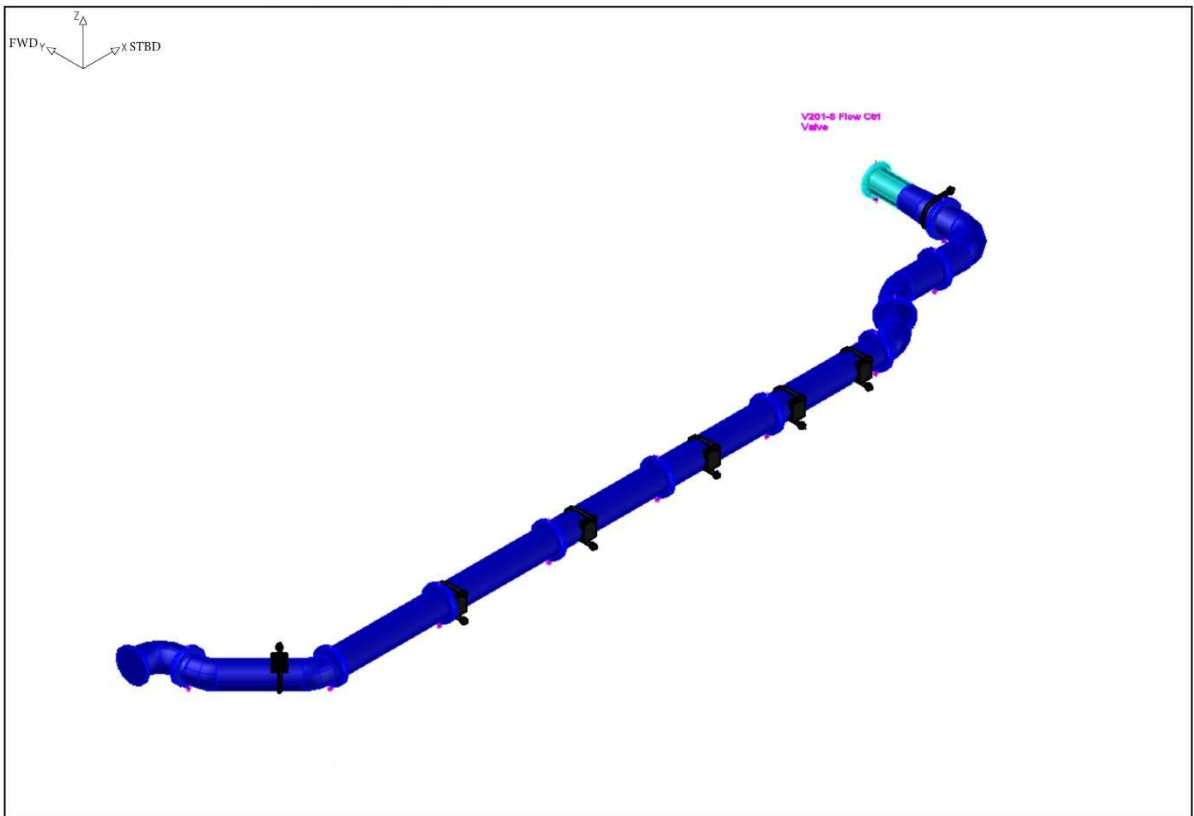
55

ISOMETRIC DRAWINGS



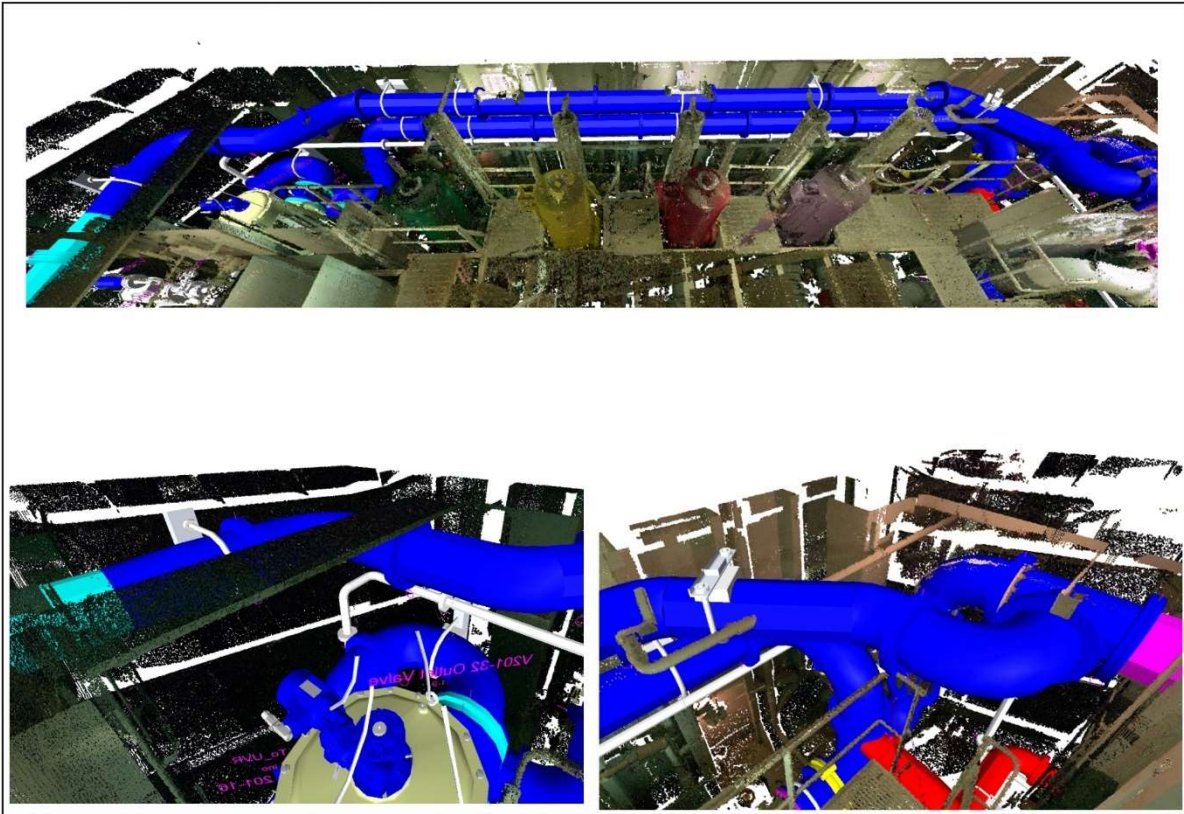
56

ISOMETRIC DRAWINGS



57

ISOMETRIC DRAWINGS



58

ISOMETRIC DRAWINGS

CONT'D ON
.5_UVR_TO_V201-8
X 7884
Y -355
Z -1304

CONT'D FROM
DWG#
.6_V201-8_TO_BYPASS2-2
X 5114
Y -3127
Z -1304

BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	0 KM	350	PIPE STPY400 STD
2	2 KM	400	PIPE STPY400 STD
3	2	400	BEND DIN 2605-1-45DEG-SR
4	1	400	BEND DIN 2605-1-90DEG-SR
5	1	400X350	REDUCER, CONCENTRIC JIS 2312
6	1	350	SLIP ON FLANGE JIS-B-2220, 10K, FF
7	3	400	SLIP ON FLANGE JIS-B-2220, 5K, FF
8	4	400	SLIP ON FLANGE JIS-B-2220, 5K, FF
9	16	25X85	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, DIN 2501
10	32	24X110	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, DIN 2501
11	32	24X110	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, DIN 2501
12	1	350	GASKET, FLAT, 10, DIN 2690, C
13	2	400	GASKET, FLAT, 10, DIN 2690, C
14	2	400	GASKET, FLAT, 10, DIN 2690, C
15	1	400	U-G AMP

QTY PIECE LIST

ID	LENGTH	NO
NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED		
DRAWING NUMBER: .6_V201-8_To_ByPass2-1		

FRANGE CENTER LINE TO CENTER OF FLANGE VALVES TO CENTER

59

ISOMETRIC DRAWINGS

Y Z X

CUT PIECE LIST		
ID	LENGTH	NO
1	576MM	350
2	307MM	400
3	305MM	400
4	472MM	400
5	562MM	400
6	363MM	400
7	361MM	400
8	171MM	400

NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED

DRAWING NUMBER: .6_V201-8_To_ByPass2-1

FLANGE CONNECTIONS TO STANDARD BOLTS/PULGES ALLOWED TO BE HOT-DIP GALVANIZED

60

ISOMETRIC DRAWINGS

Y Z X

CONT'D ON
DWG#
.6_V201-8_TO_BYPASS2-1
X 5114
Y -3127
Z -1304

BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	10	400	PIPE ST1PY400 STD
2	10	400	SLIP ON FLANGE JIS B 2220, SK, FF
3	80	24X110	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, DIN 2501
4	5	400	GASKET, FLAT, 10, DIN 2696, C
5	2	400	U-CLAMP

CUT PIECE LIST		
ID	LENGTH	NO
1	2000MM	400
2	2000MM	400
3	2000MM	400
4	2000MM	400
5	2000MM	400

NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED

DRAWING NUMBER: .6_V201-8_To_ByPass2-2

CONT'D FROM
DWG#
.6_V201-8_TO_BYPASS2-3
X -5056
Y -3127
Z -1304

FLANGE CONNECTIONS TO STANDARD BOLTS/PULGES ALLOWED TO BE HOT-DIP GALVANIZED

61

ISOMETRIC DRAWINGS

CONT'D ON
 .7_BYPASS2_LINE
 X - 6909
 Y - 1272
 Z - 1304

CONT'D ON
 .6_V201-8_TO_BYPASS2-2
 X - 5056
 Y - 3127
 Z - 1304

BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	10M	400	PIPE S11P*420 STD
2	1	400	BEND DIN 2005-1-60DEG-SR
3	2	400	BEND DIN 2005-1-45DEG-SR
4	4	400	SLIP ON FLANGE JIS-B-2220, 5K, FF
5	16	24X110	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, DIN 2501
6	1	400	GASKET, FLAT, 10, DIN 2690, C
7	1	400	U-CLAMP

CUT PIECE LIST		
ID	LENGTH	NO
1	100MM	400
2	100MM	400
3	100MM	400
4	114MM	400
5	100MM	400

NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED

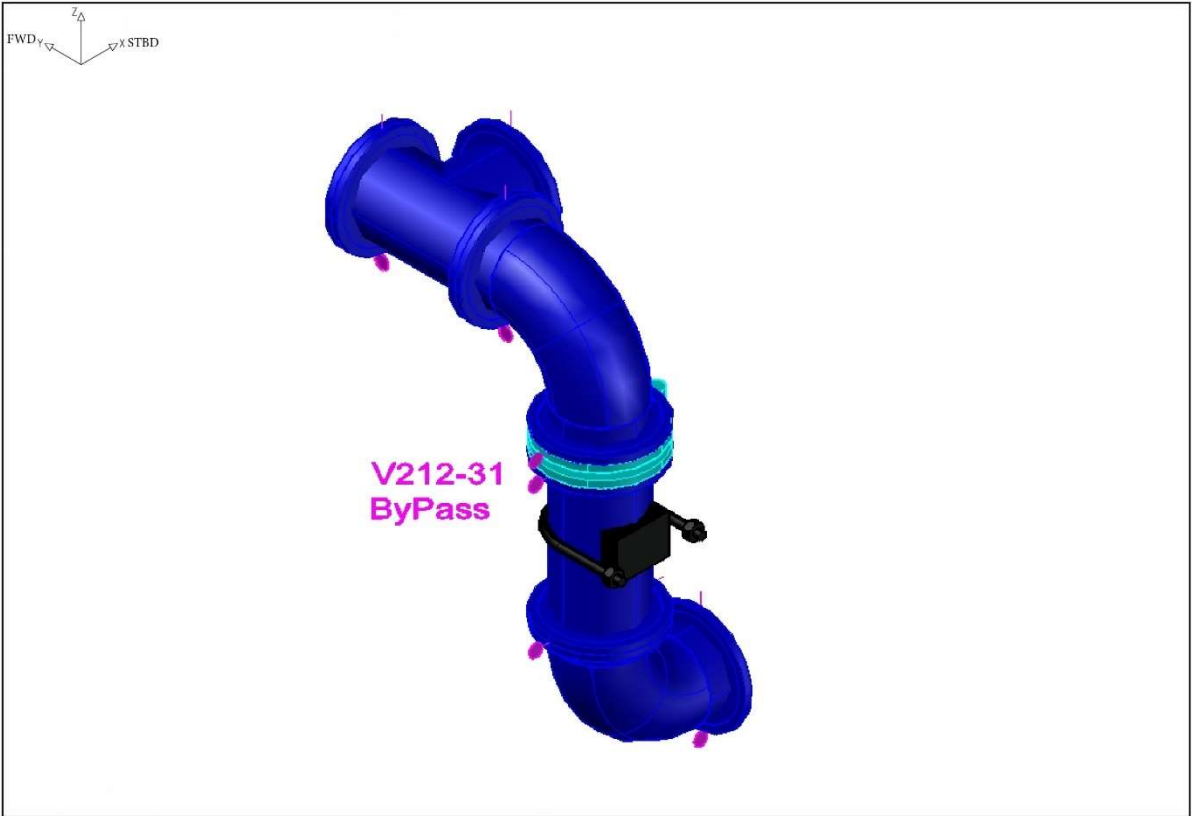
DRAWING NUMBER: .6_V201-8_To_ByPass2-3

ISOMETRIC DRAWINGS

ISOMETRIC TAG

.7_ByPass2_Line

ISOMETRIC DRAWINGS

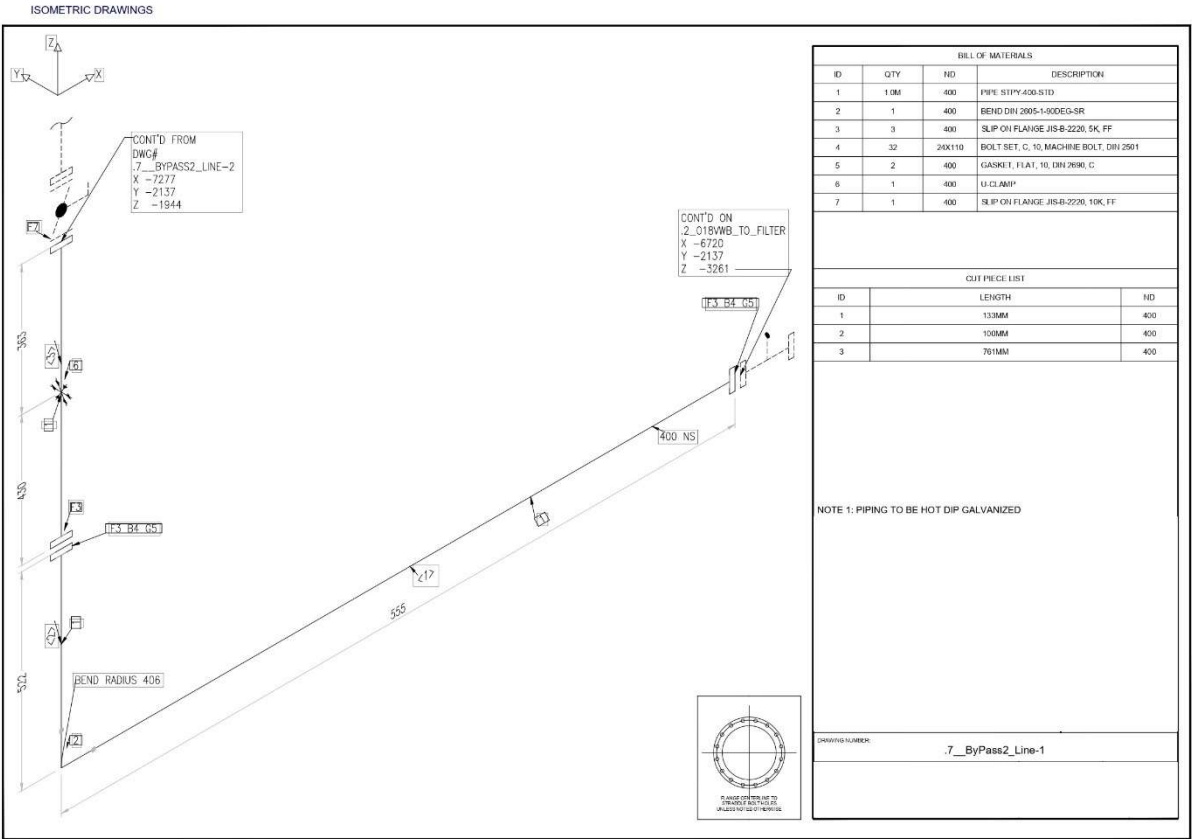


64

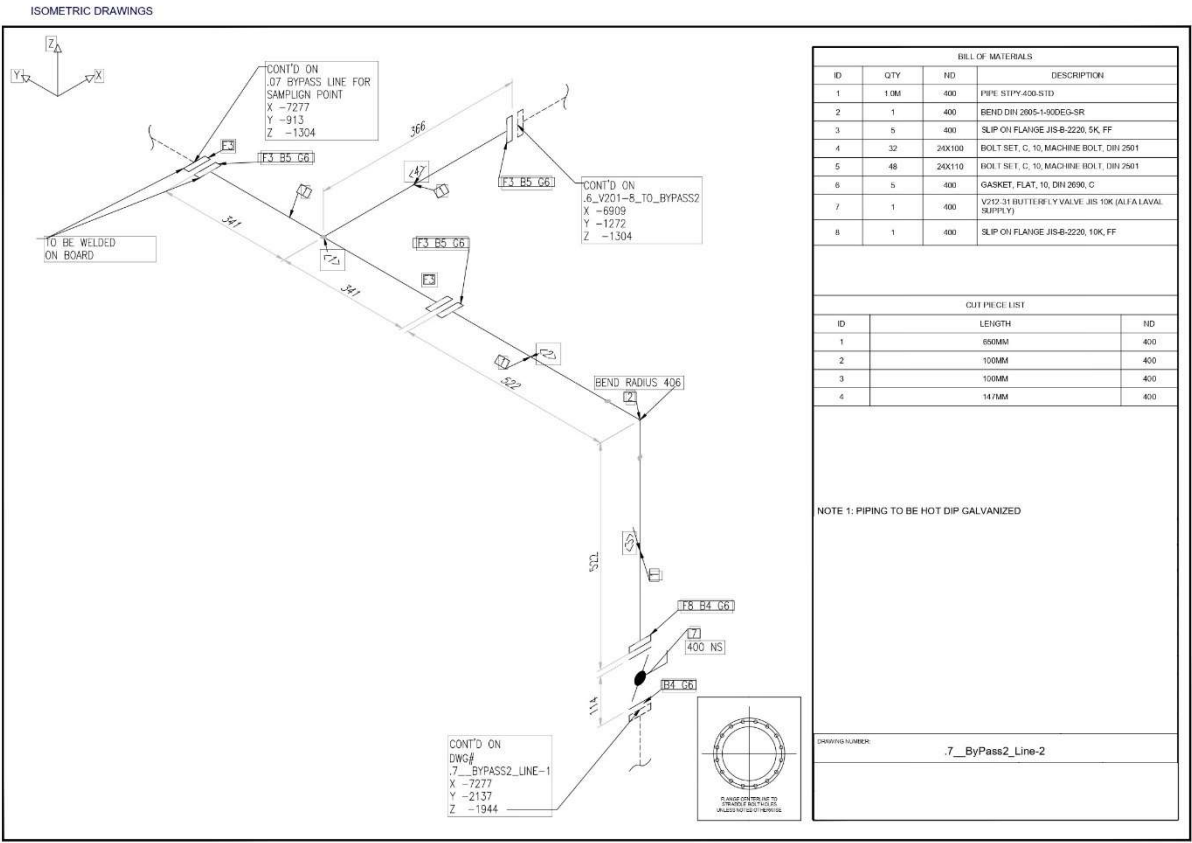
ISOMETRIC DRAWINGS



65

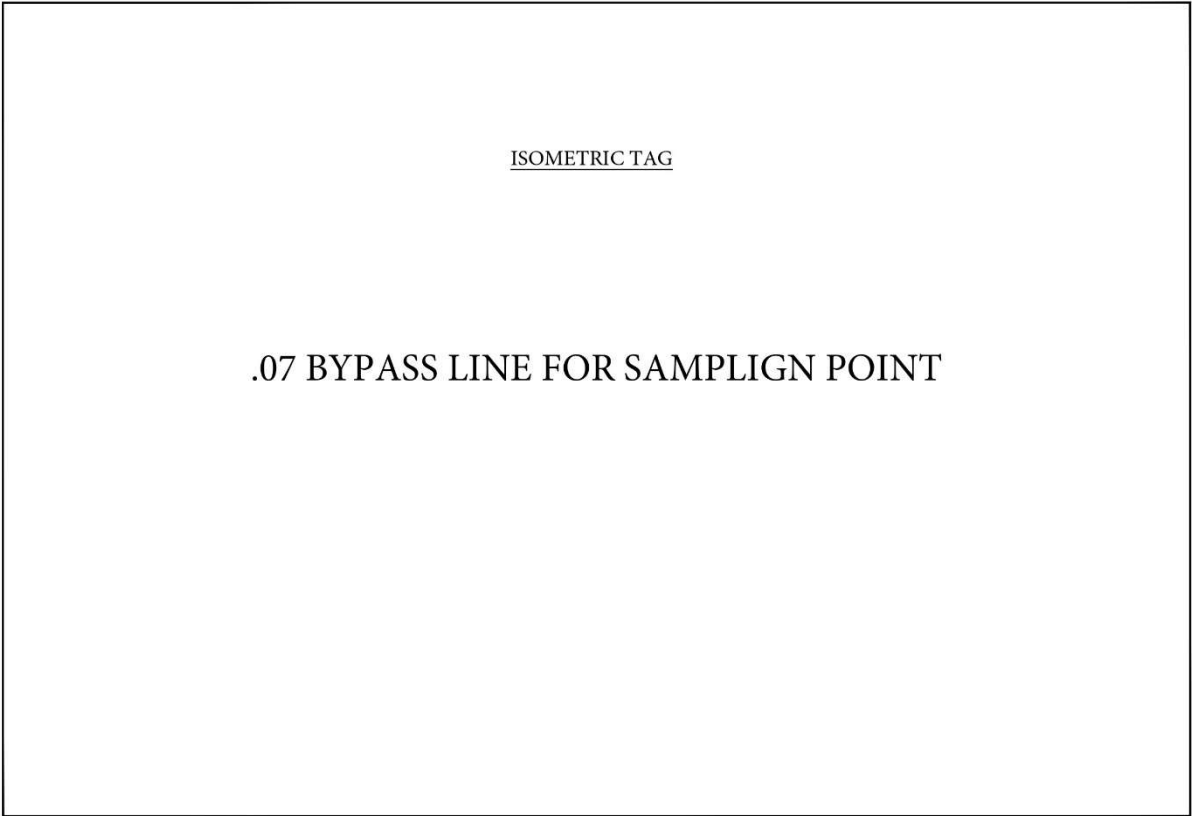


66



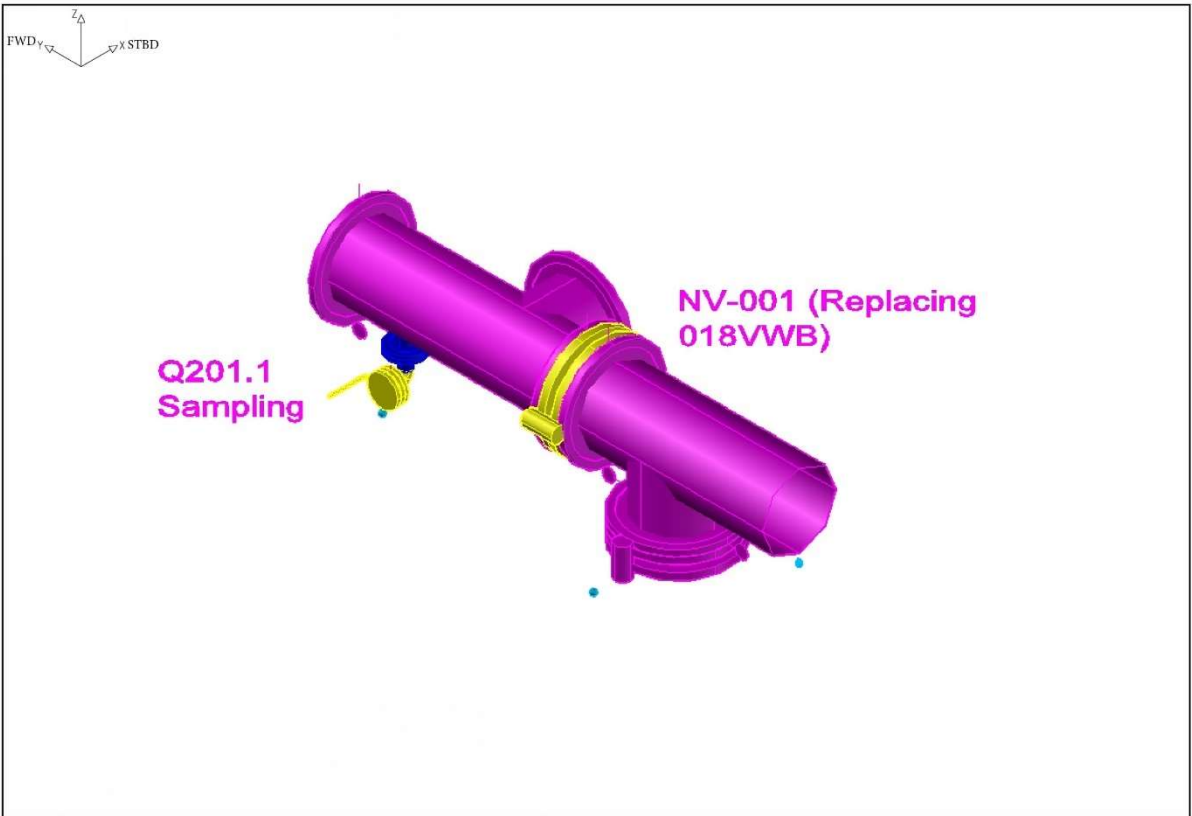
67

ISOMETRIC DRAWINGS



68

ISOMETRIC DRAWINGS



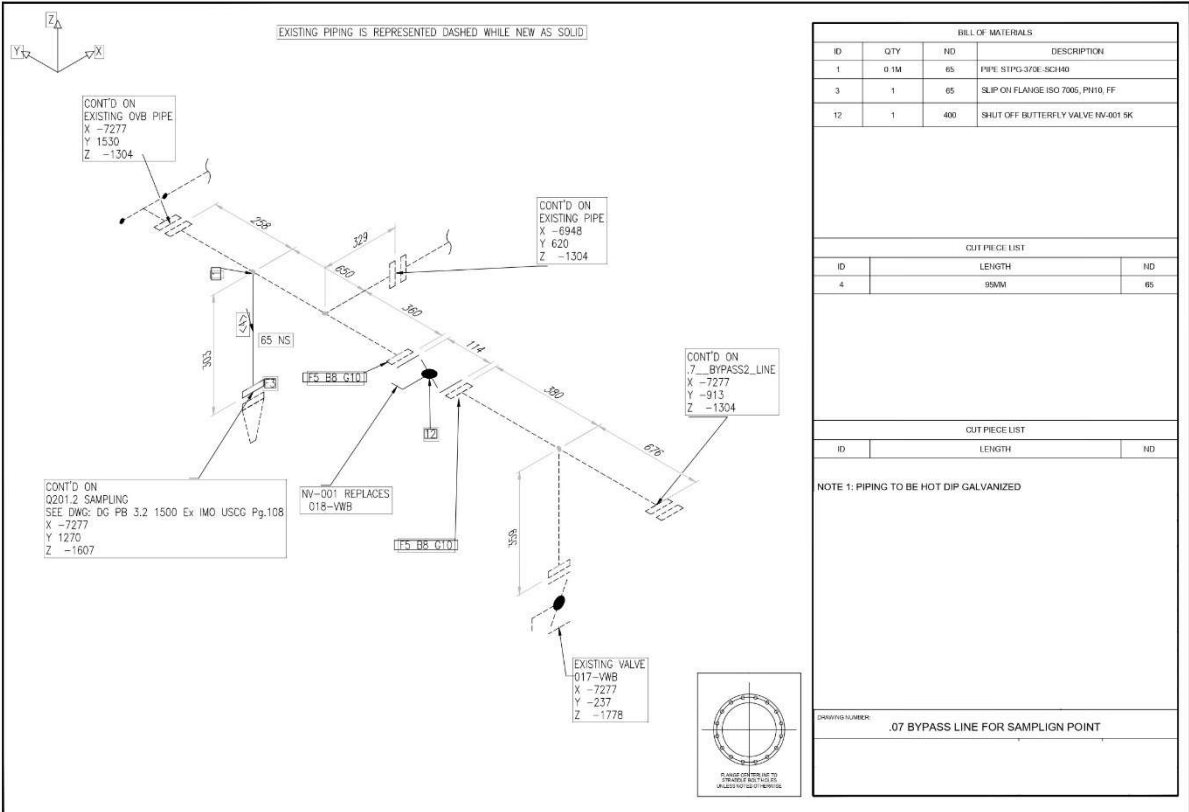
69

ISOMETRIC DRAWINGS



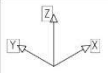
70

ISOMETRIC DRAWINGS



71


ISOMETRIC DRAWINGS



CUT PIECE LIST		
ID	LENGTH	ND
1	140MM	400
2	1040MM	400
3	1230MM	400
4	950MM	65
5	110MM	400

NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED

DRAWING NUMBER: .07 BYPASS LINE FOR SAMPLIGN POINT



FLANGE CONFORMS TO STANDARD SPECIFICATIONS
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

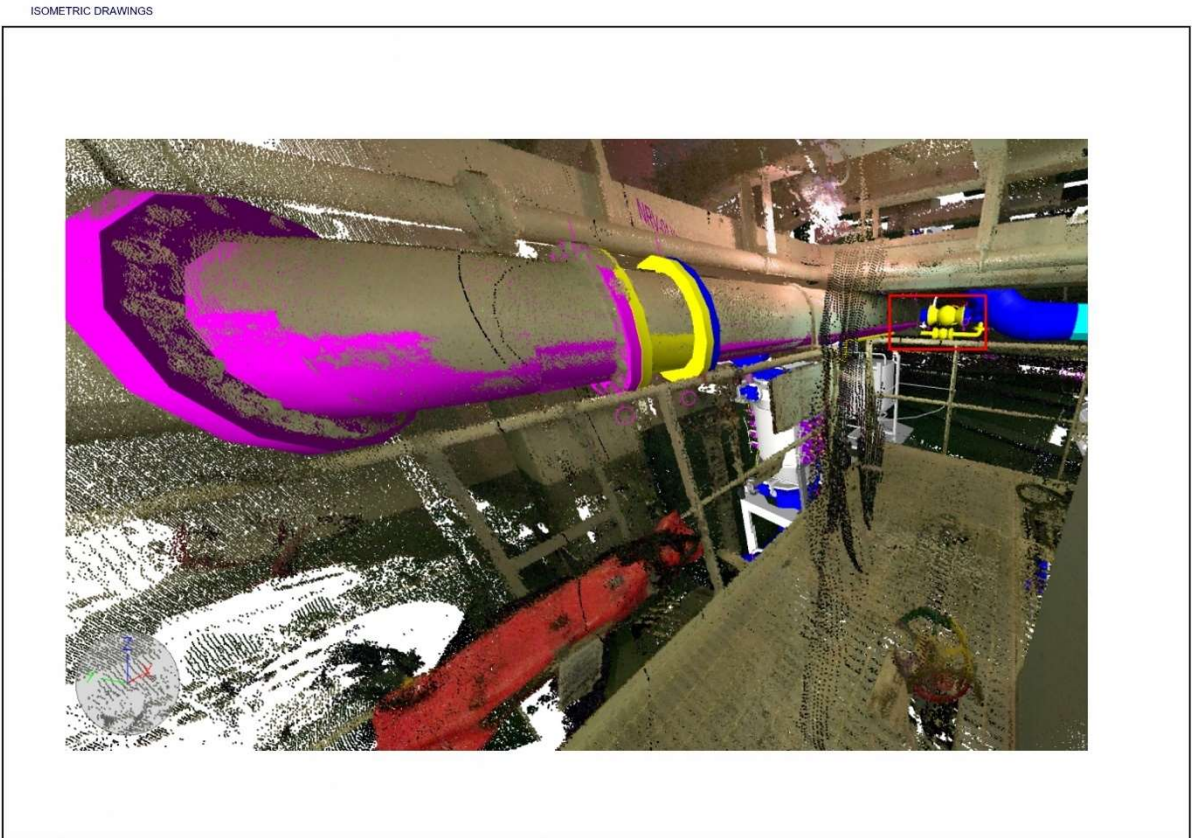
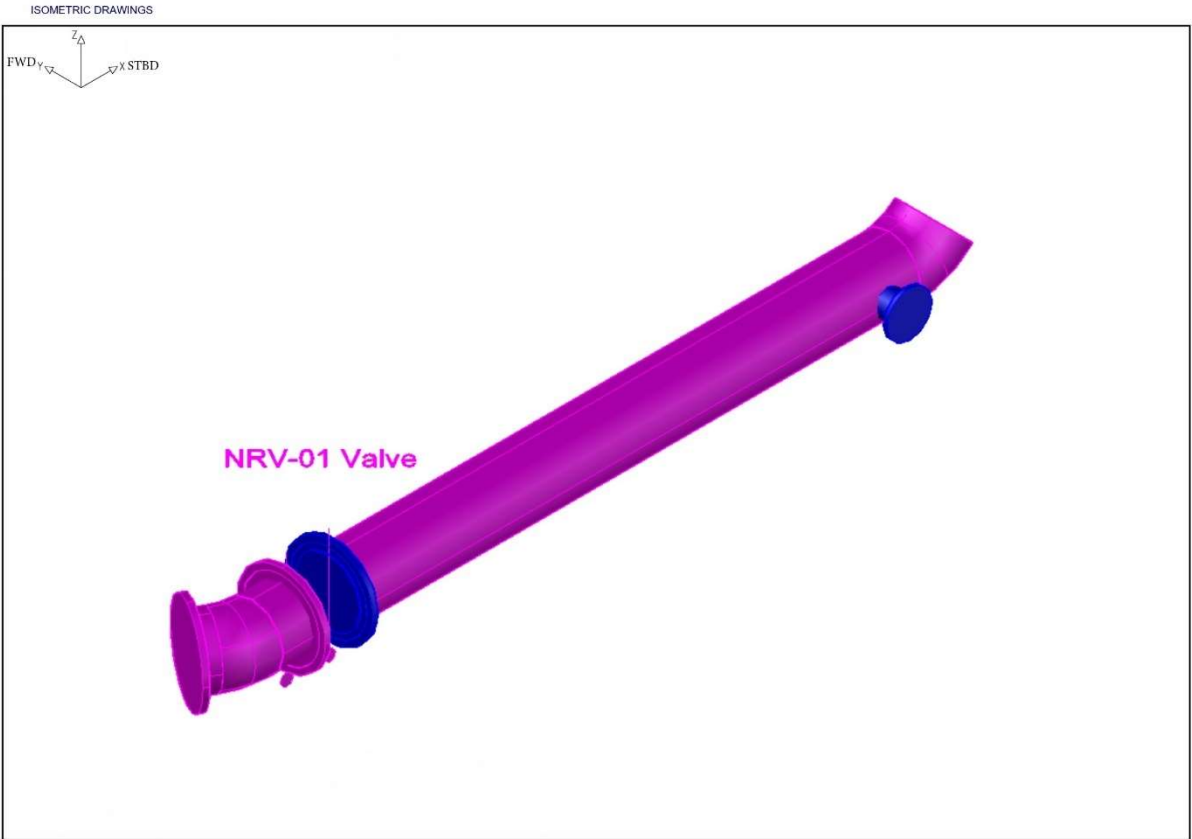
72

ISOMETRIC DRAWINGS

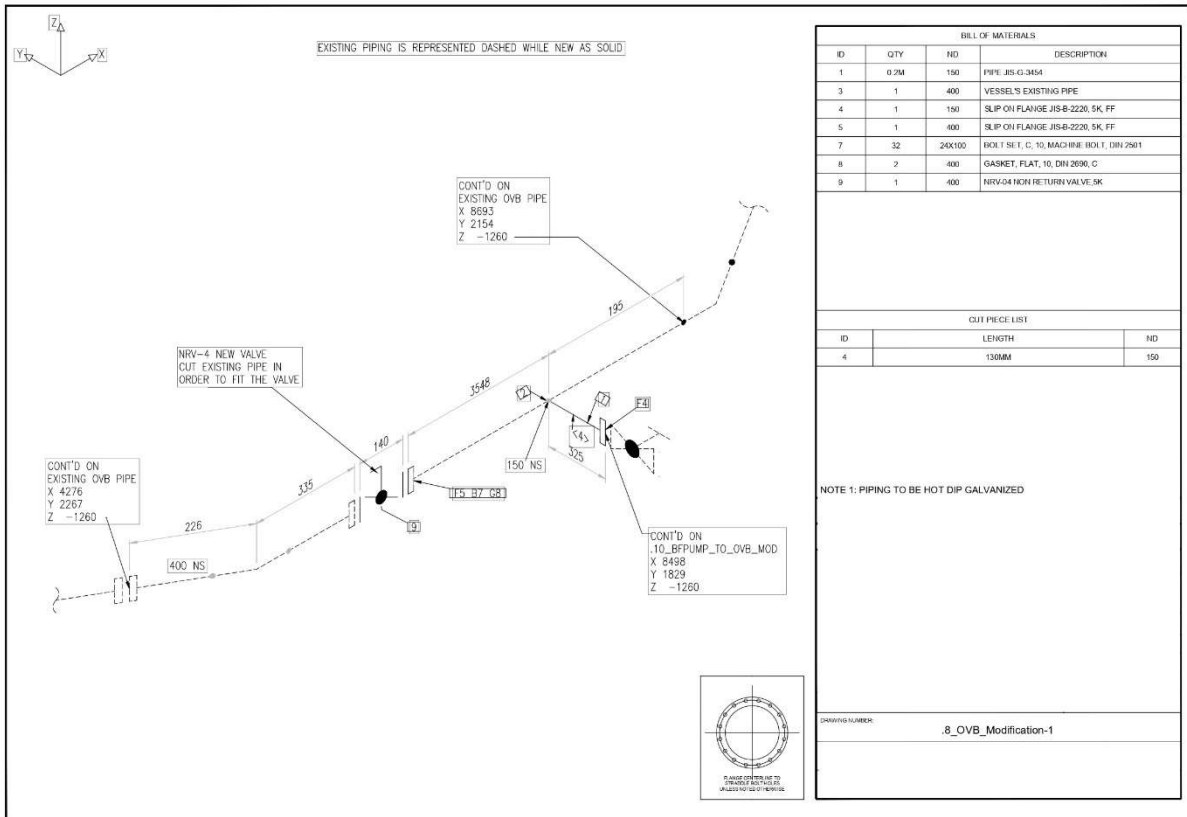
ISOMETRIC TAG

.8_OVB_Modification

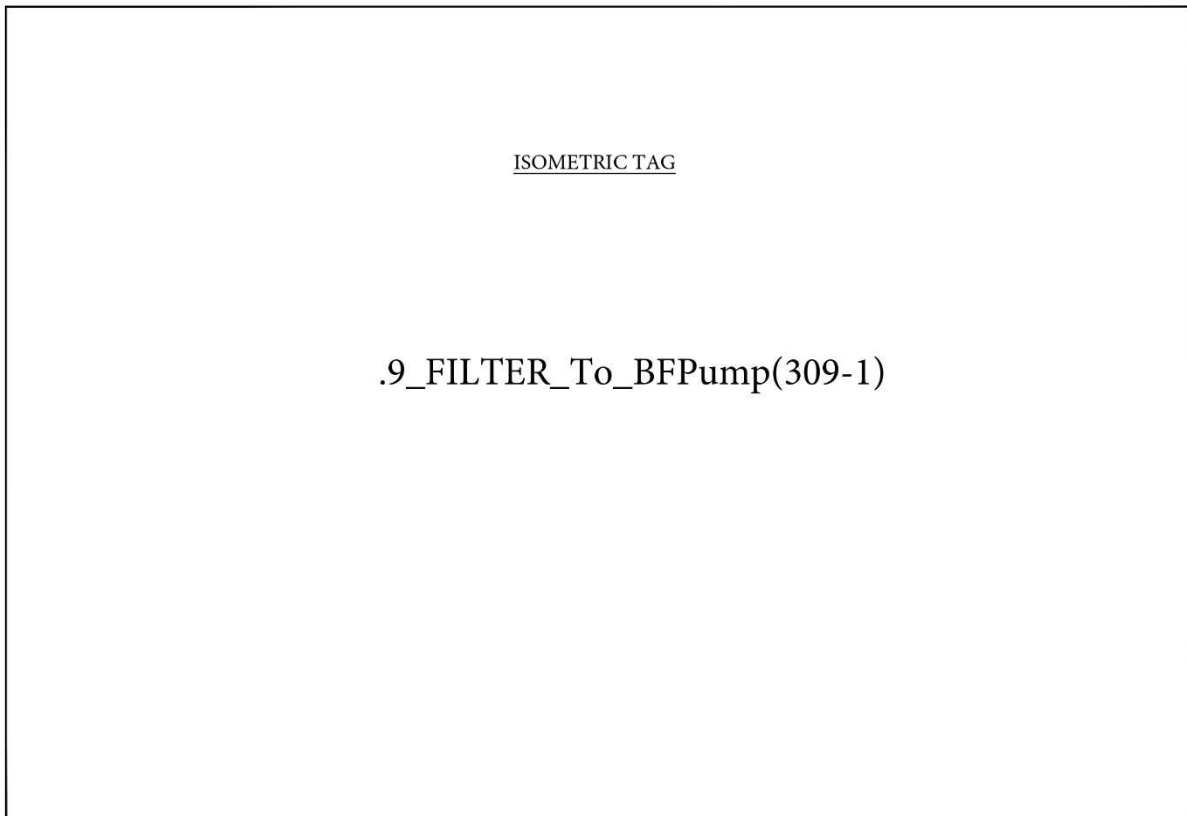
73



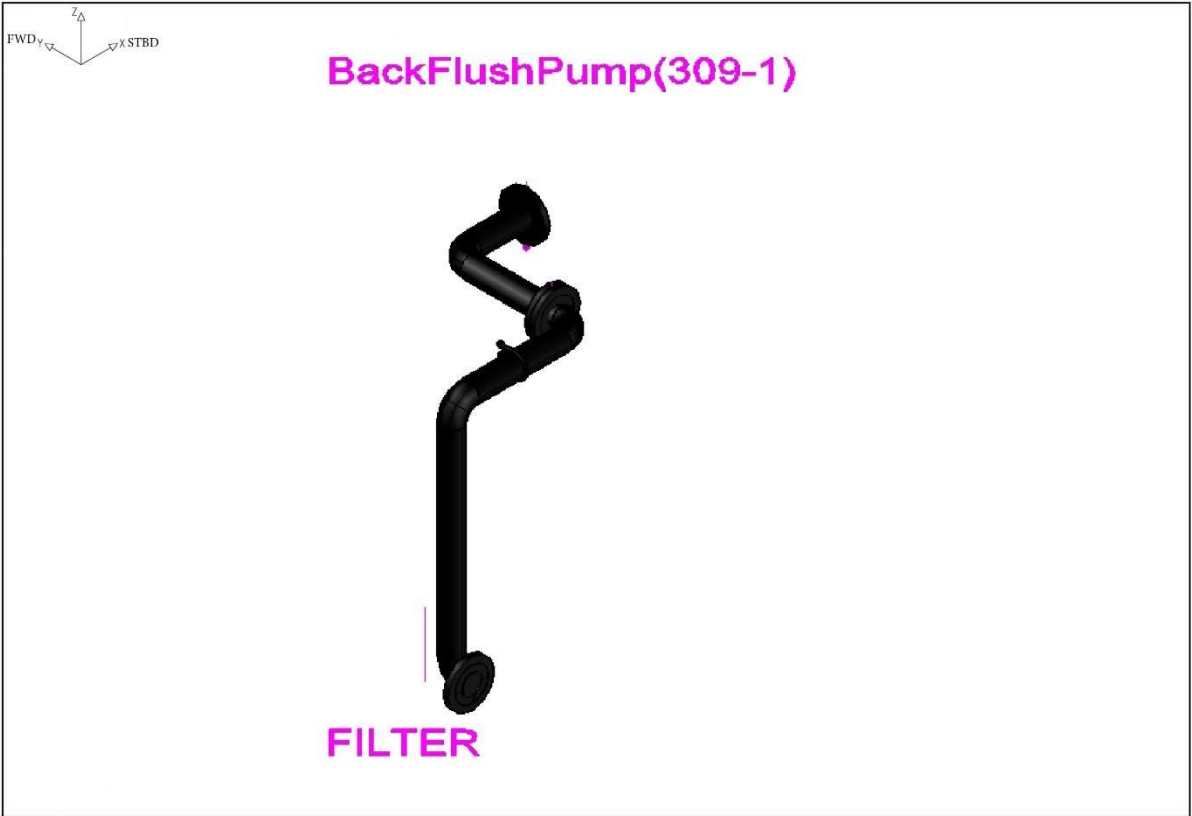
ISOMETRIC DRAWINGS



ISOMETRIC DRAWINGS

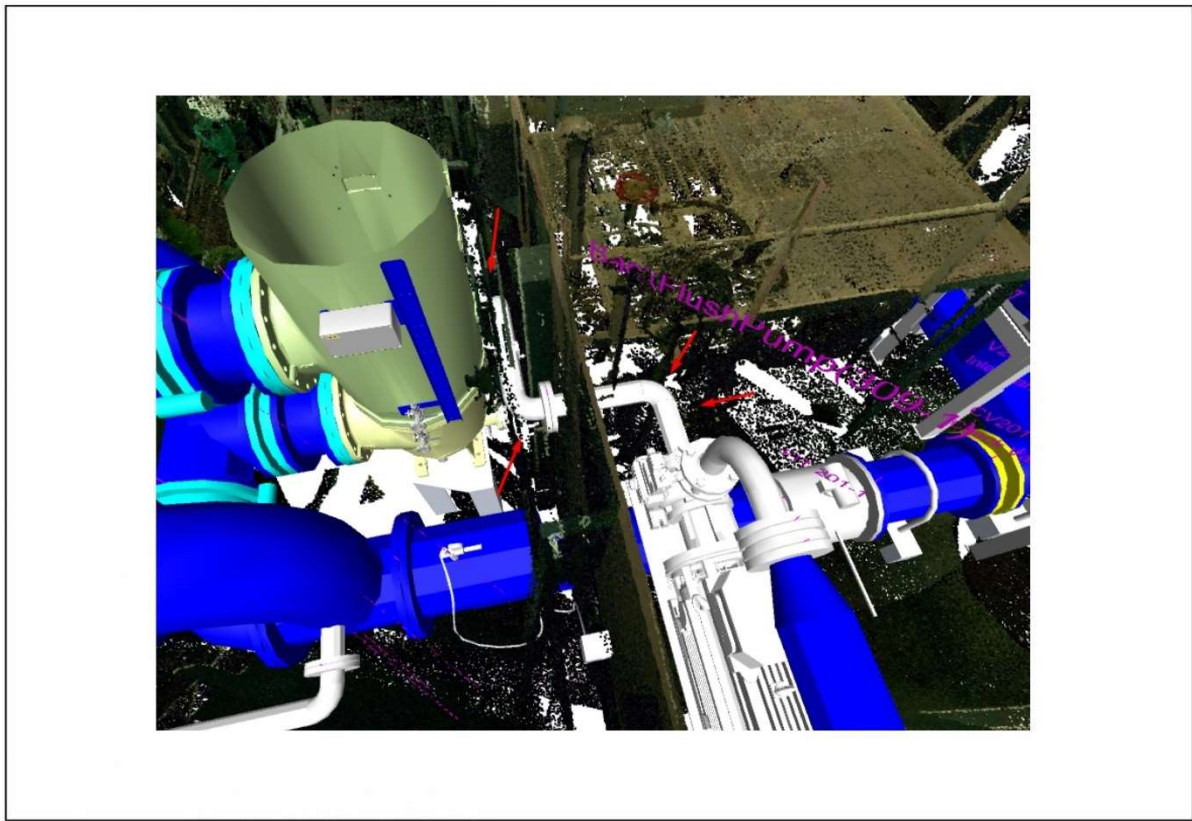


ISOMETRIC DRAWINGS

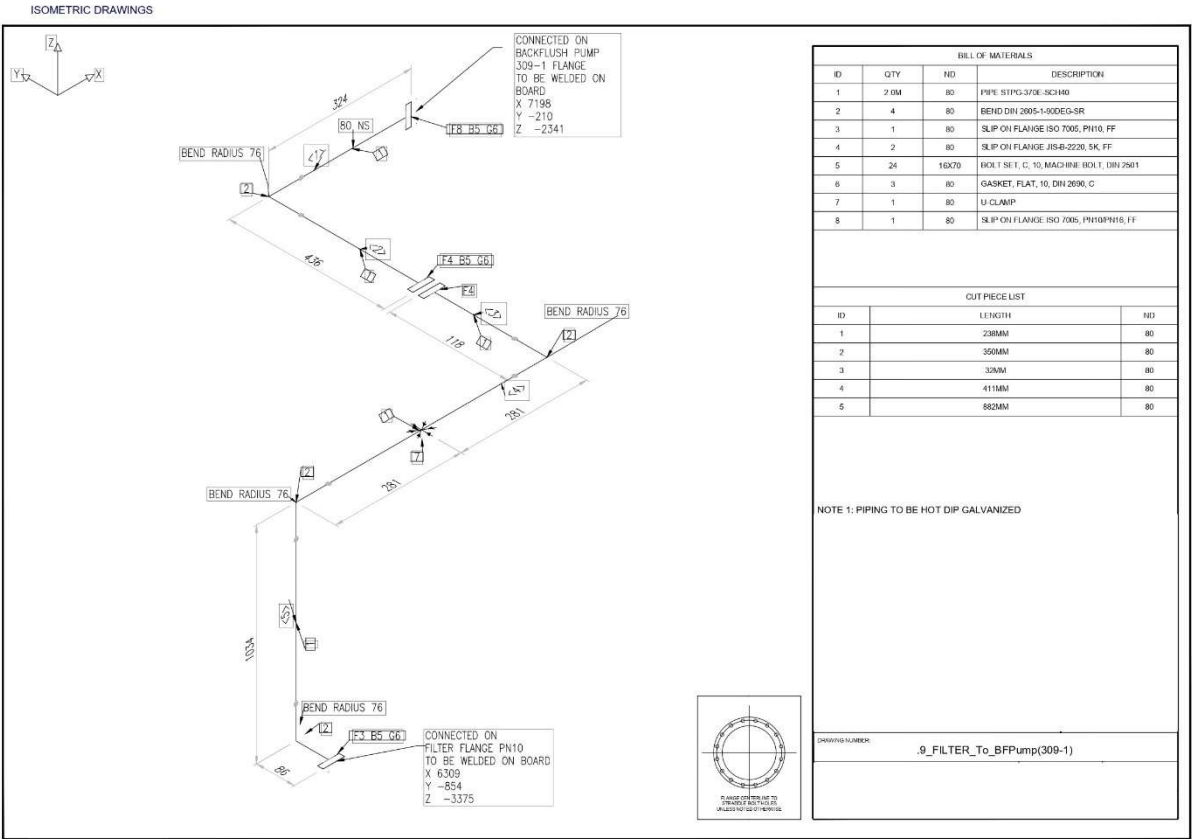


78

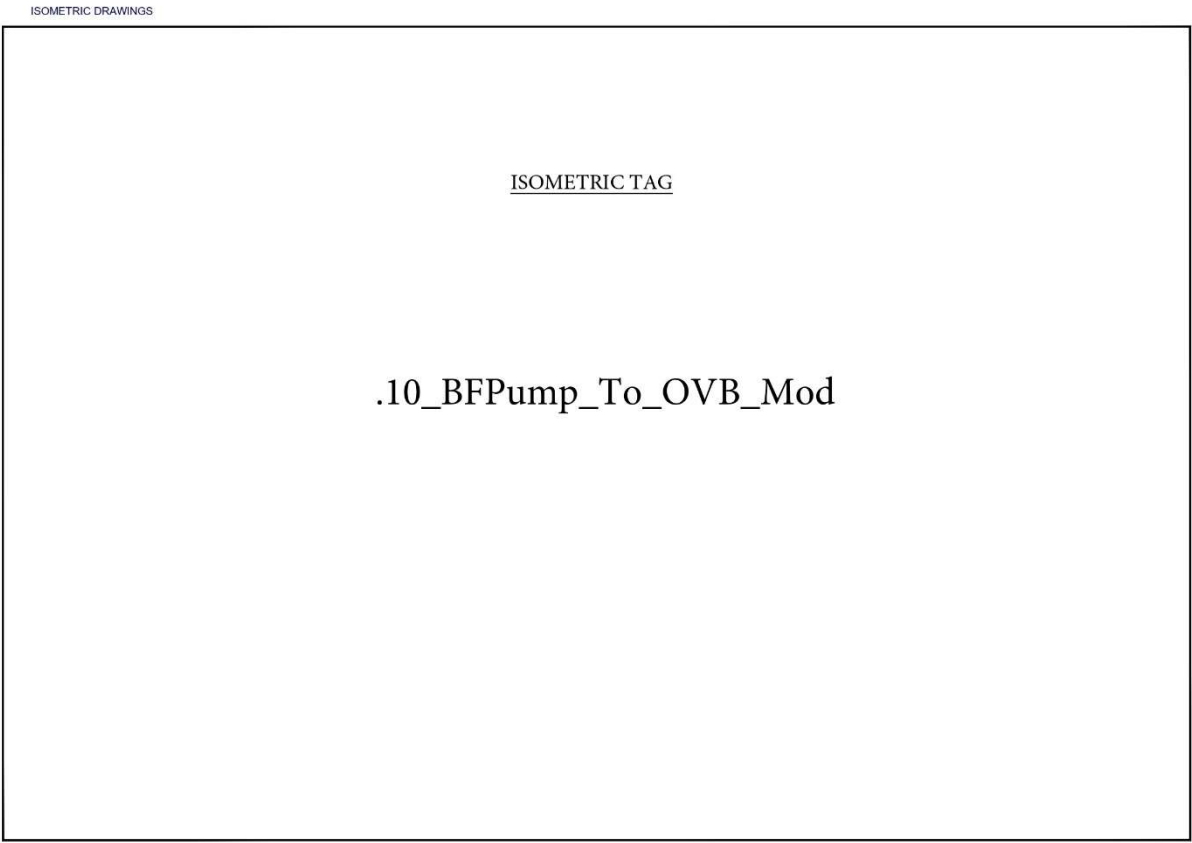
ISOMETRIC DRAWINGS



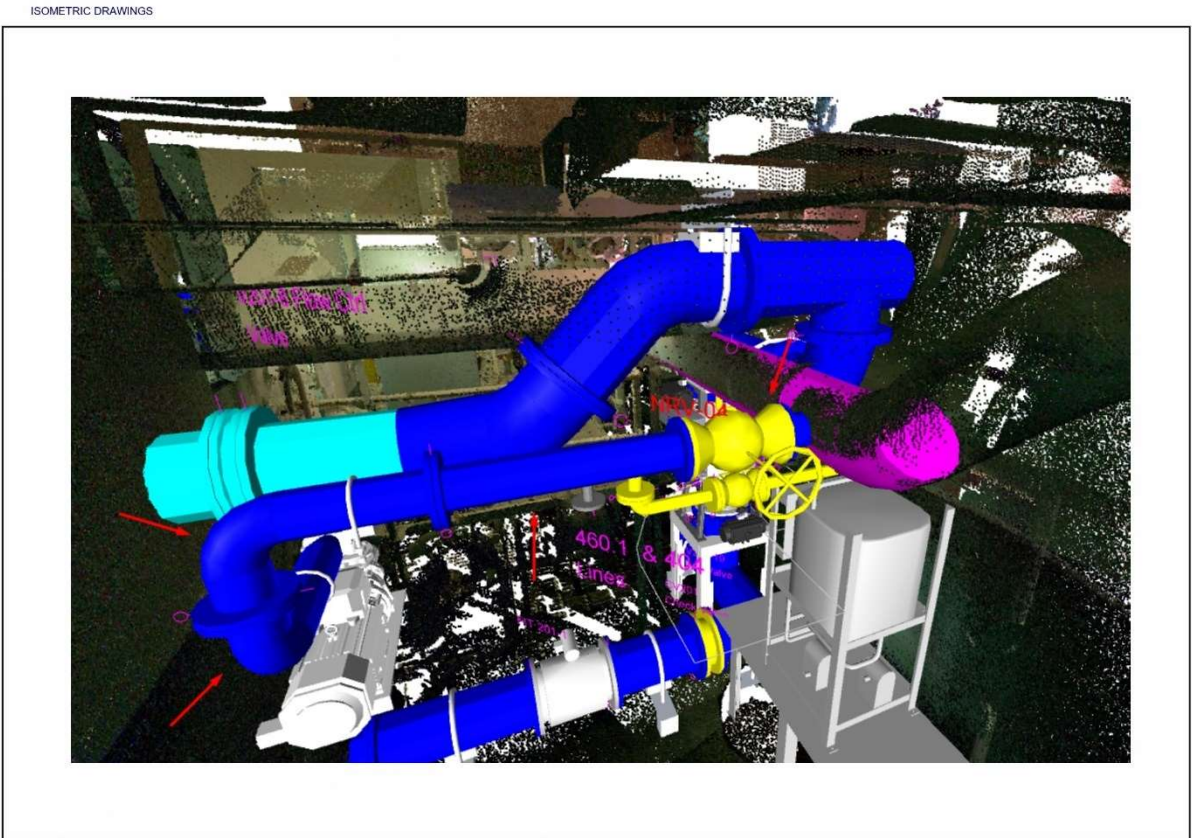
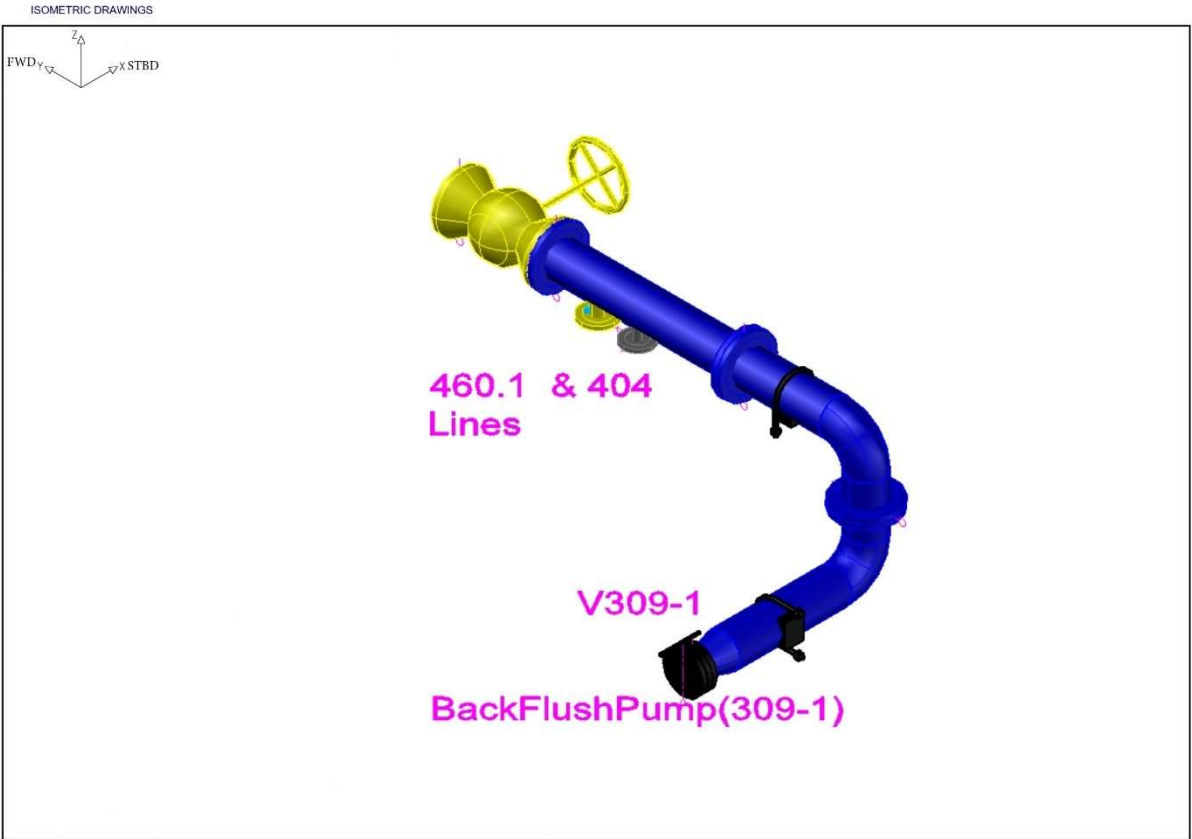
79



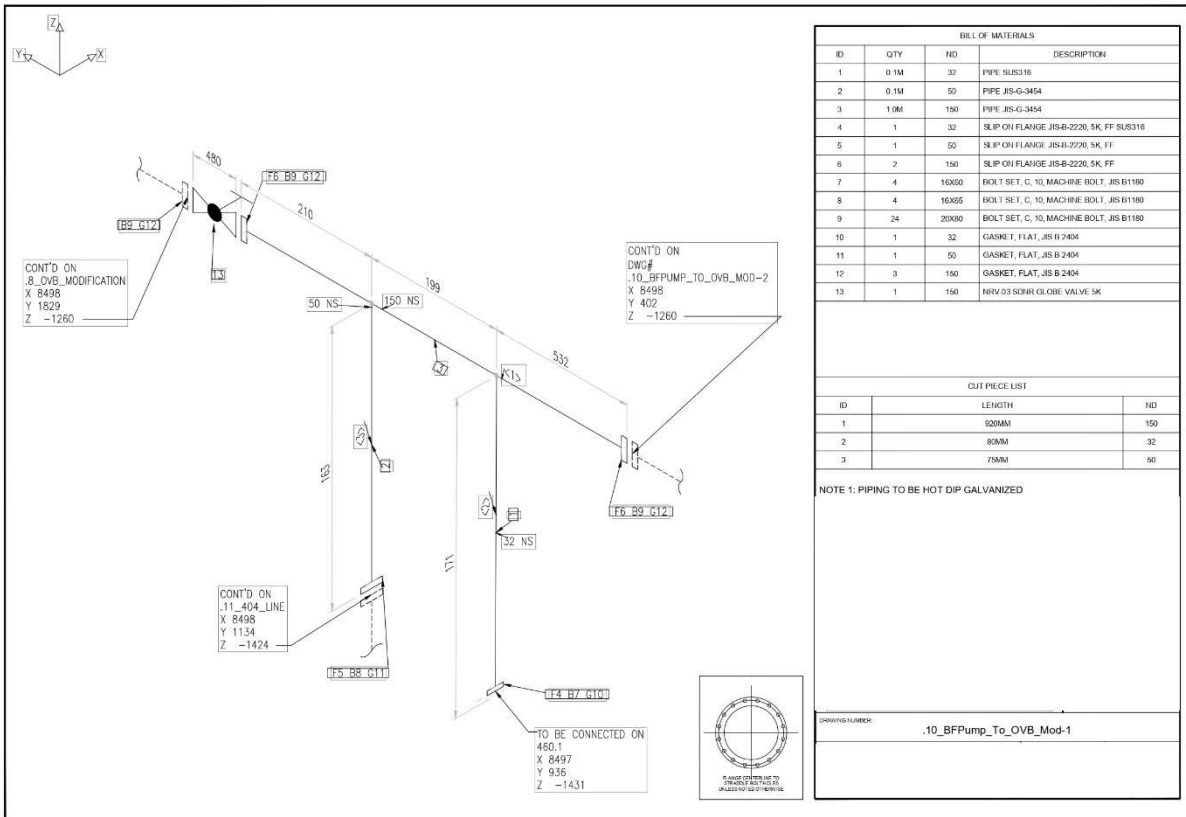
80



81

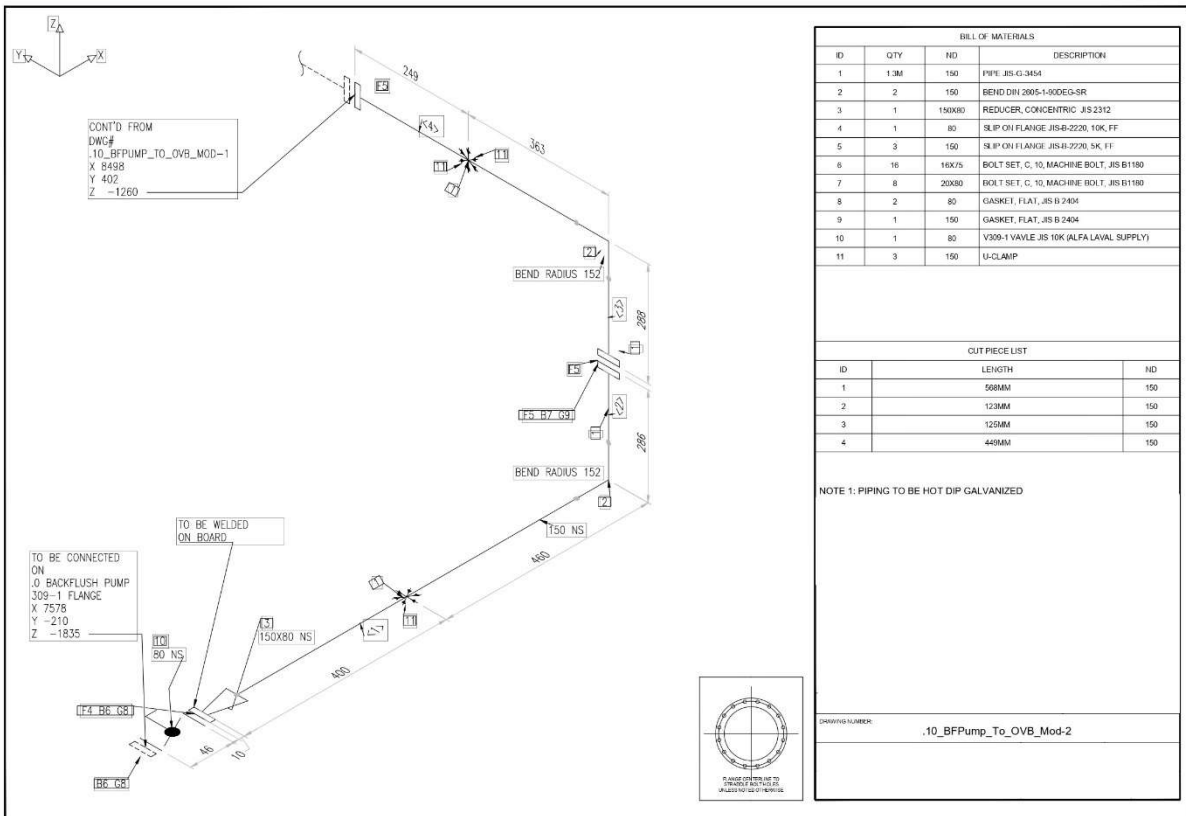


ISOMETRIC DRAWINGS



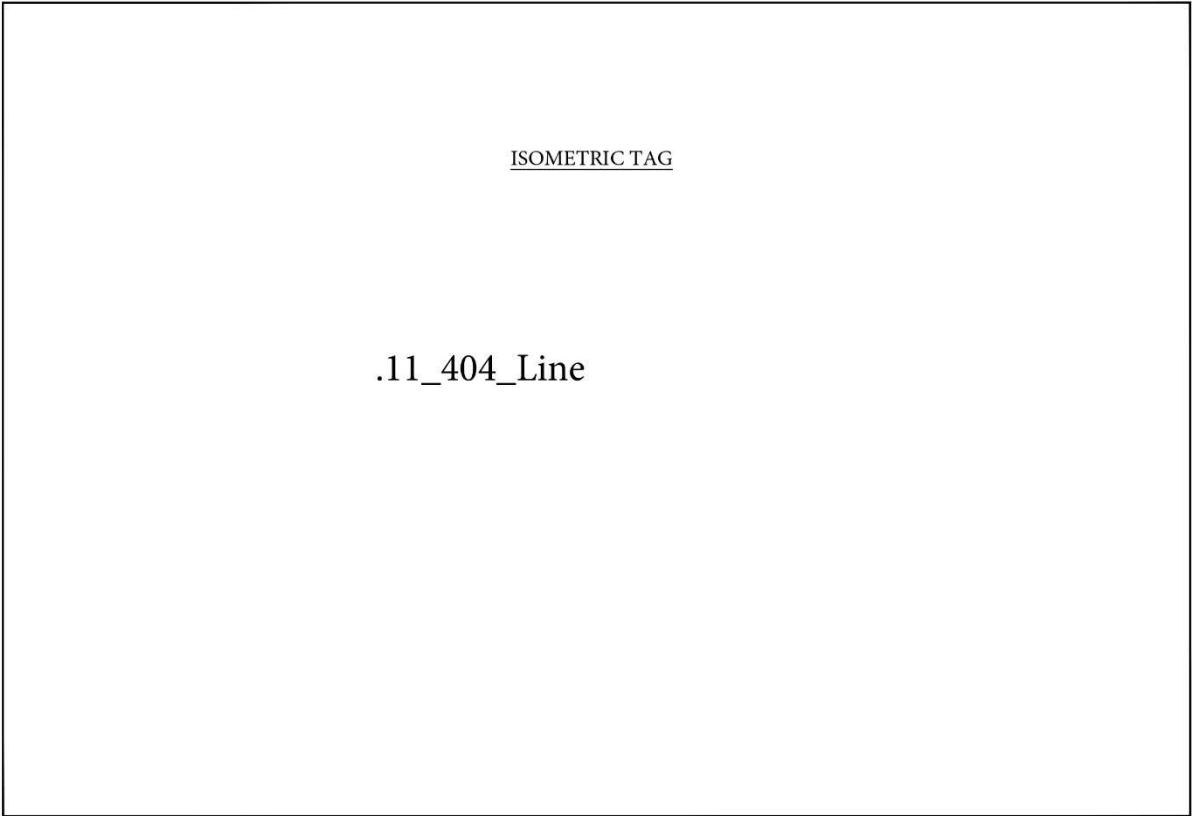
84

ISOMETRIC DRAWINGS

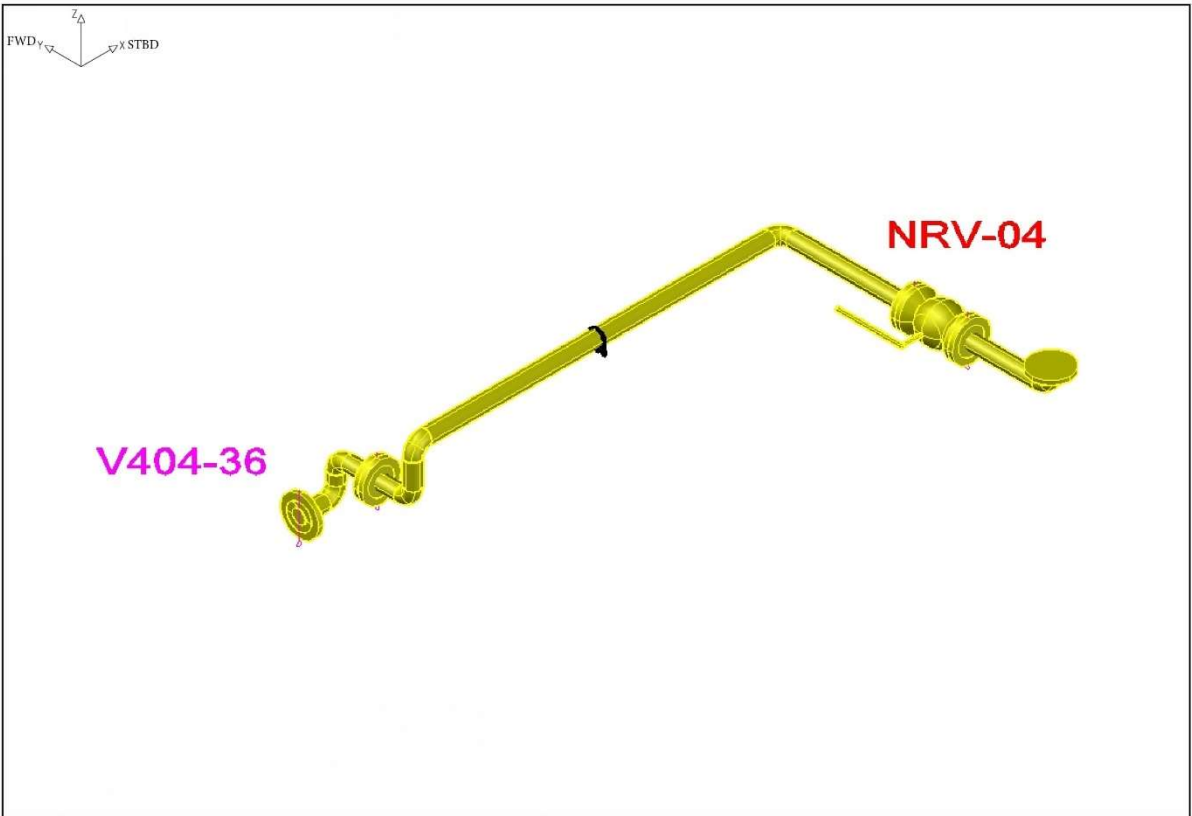


85

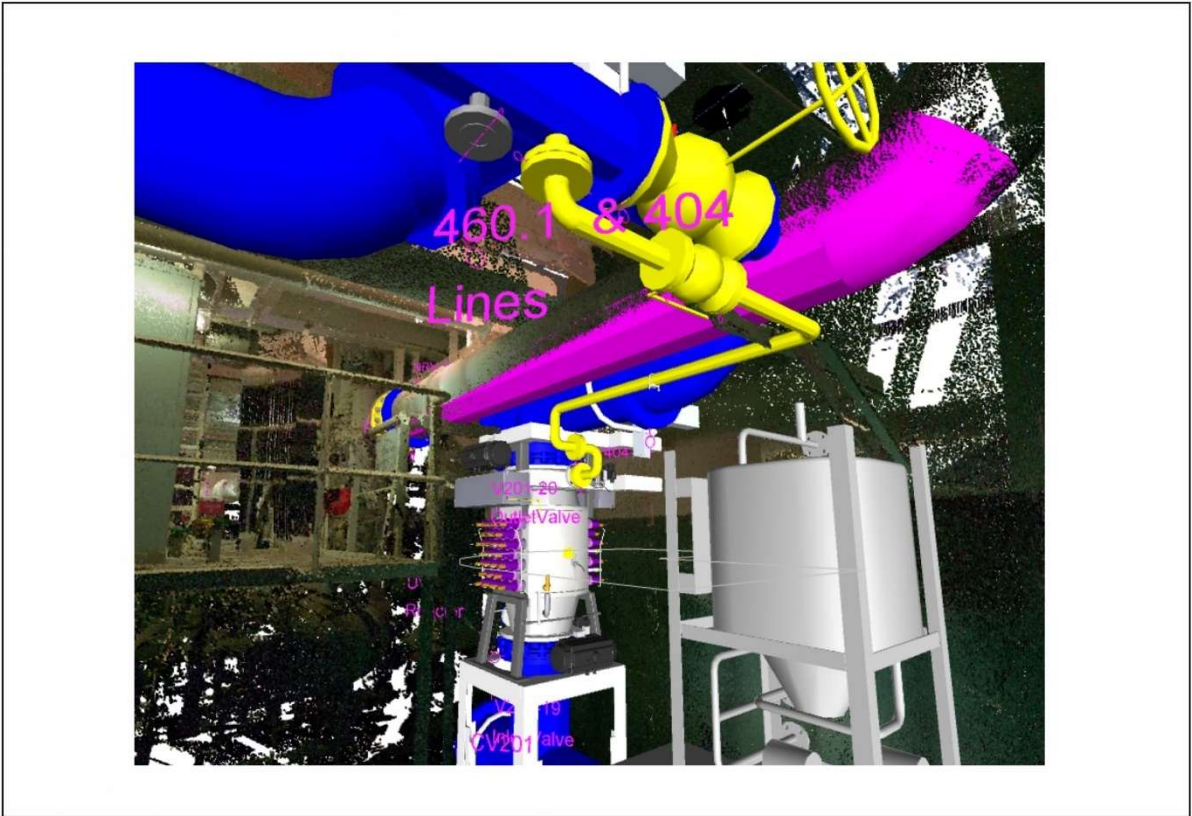
ISOMETRIC DRAWINGS



ISOMETRIC DRAWINGS

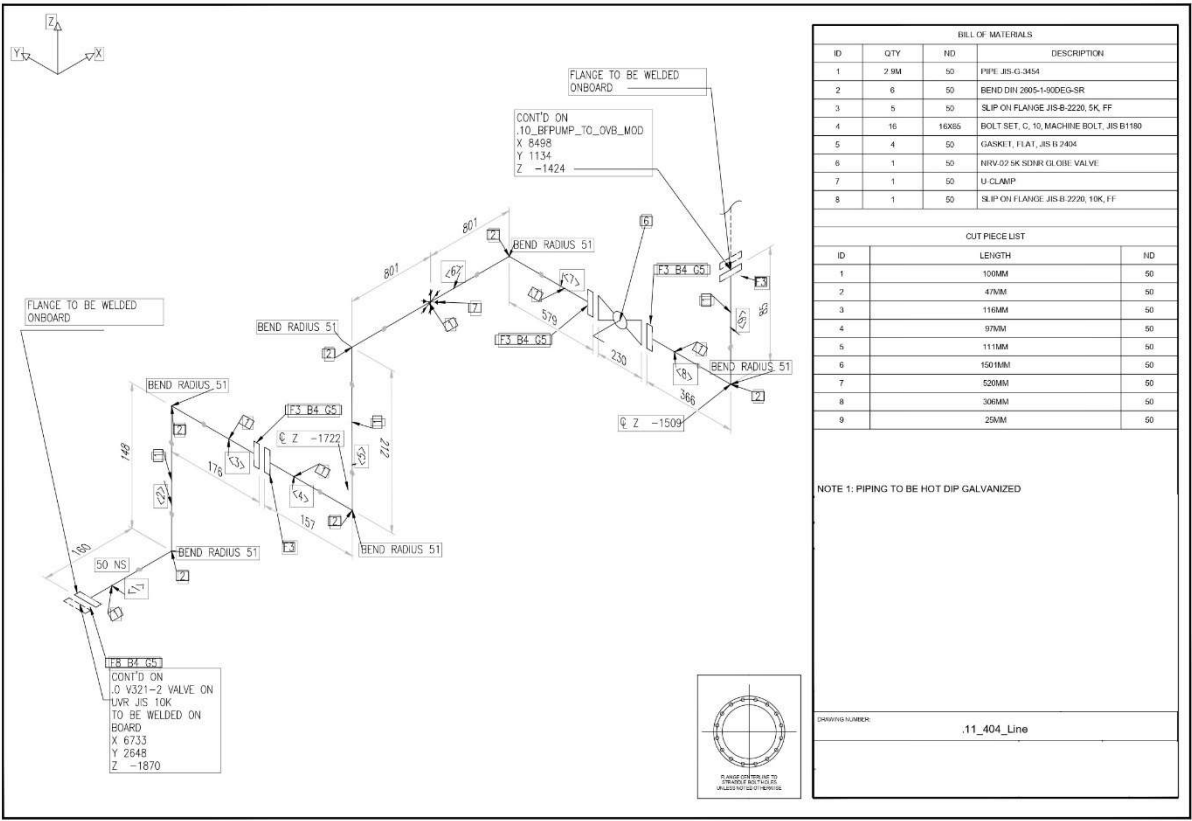


ISOMETRIC DRAWINGS



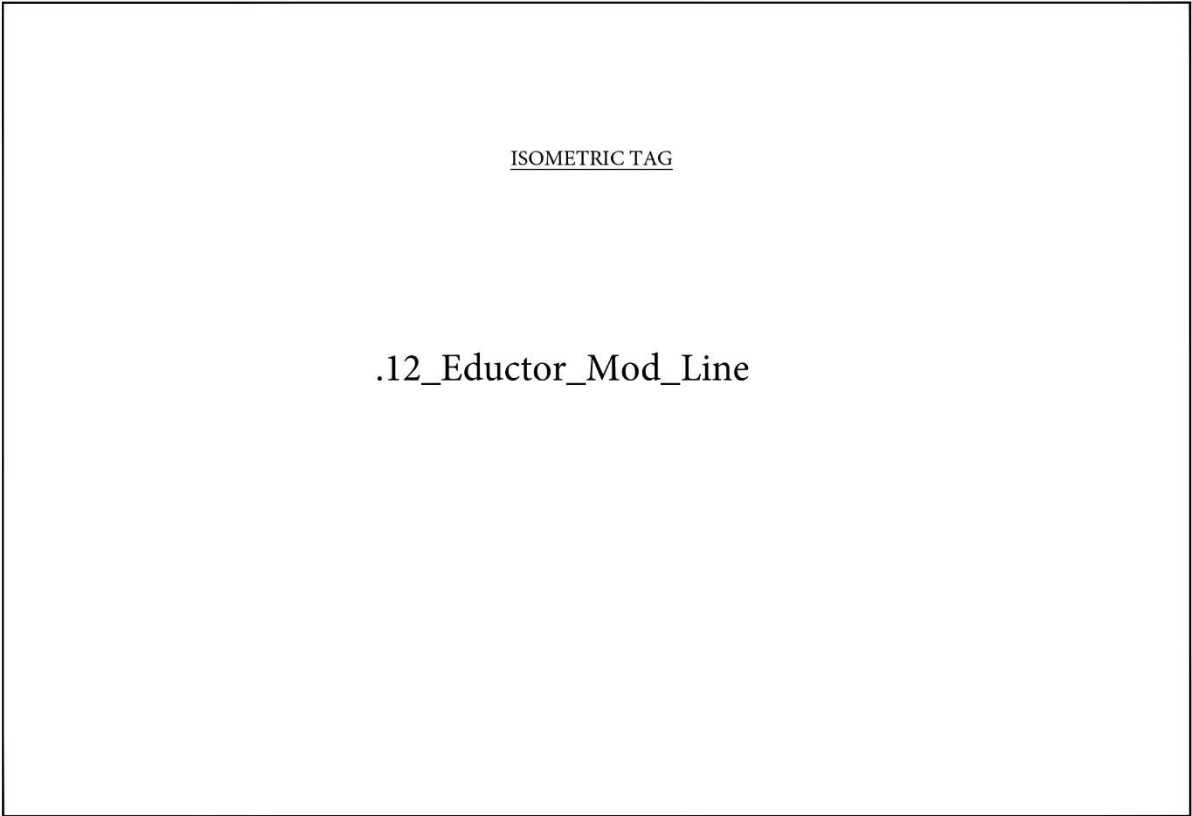
88

ISOMETRIC DRAWINGS

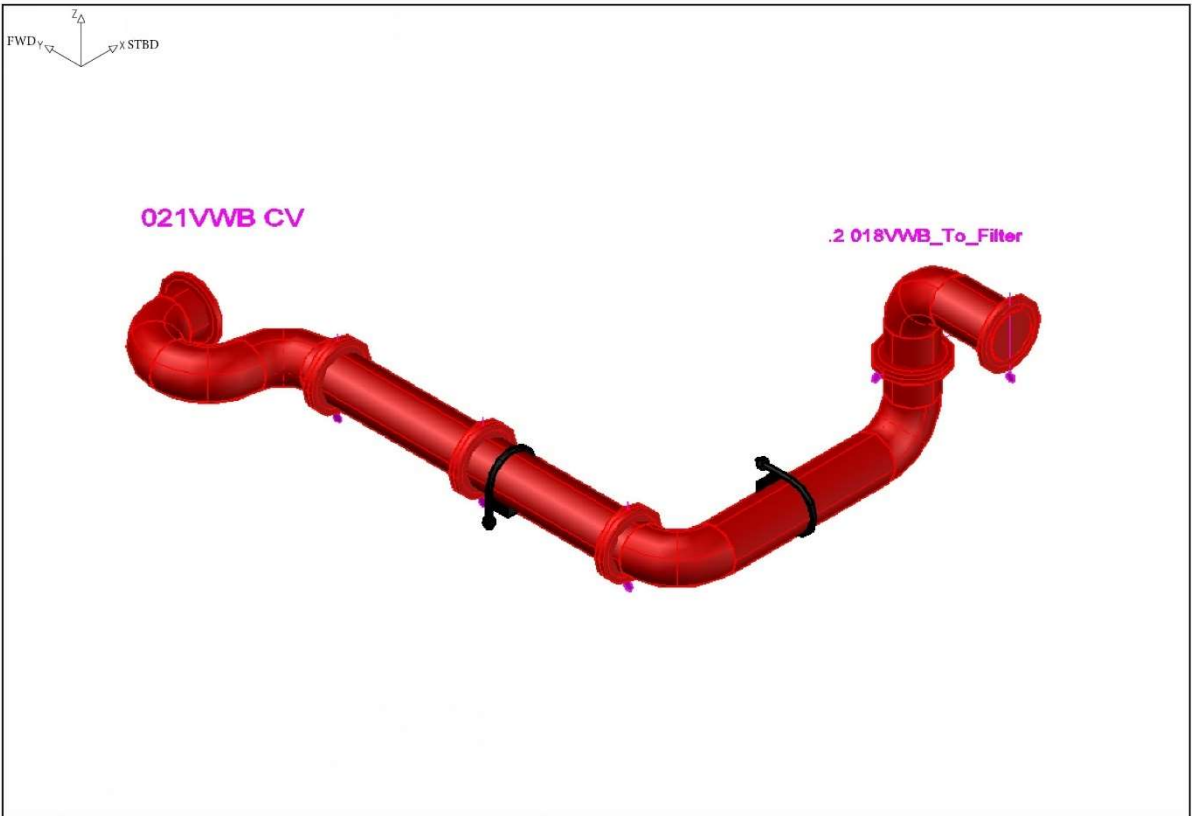


89

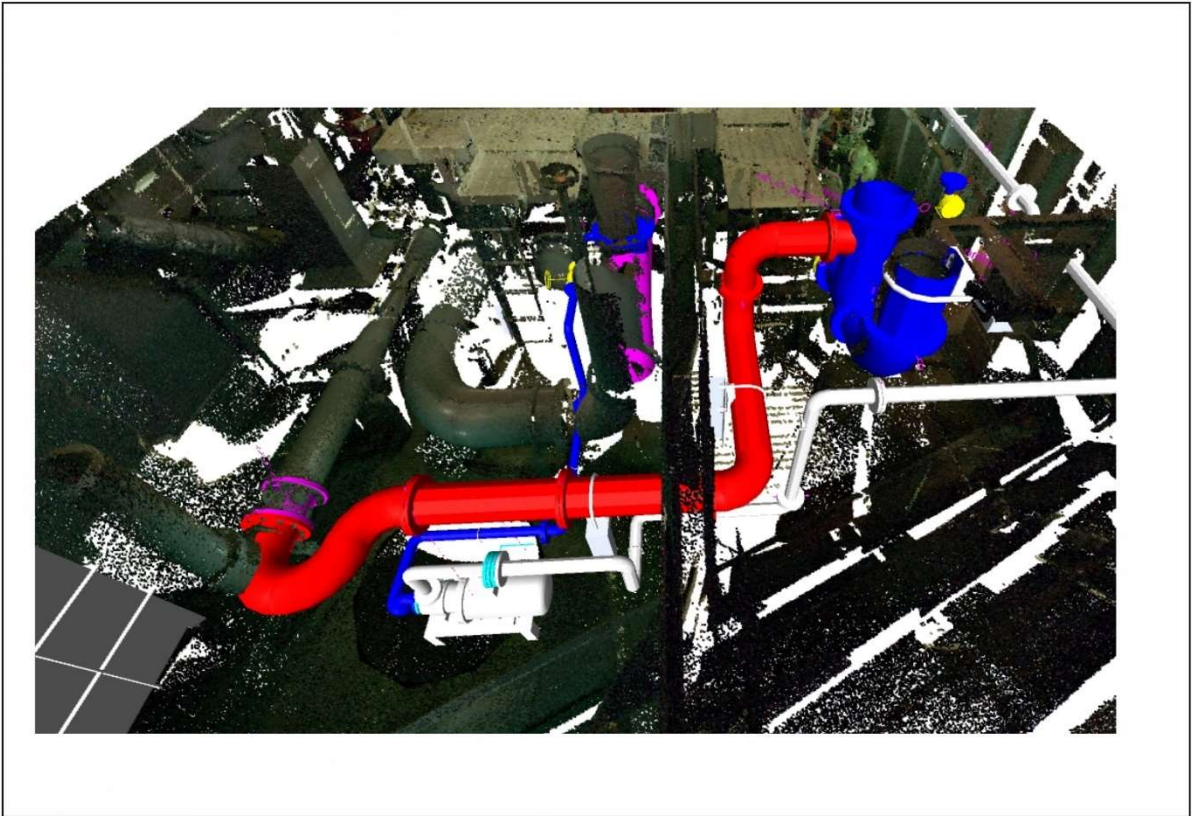
ISOMETRIC DRAWINGS



ISOMETRIC DRAWINGS

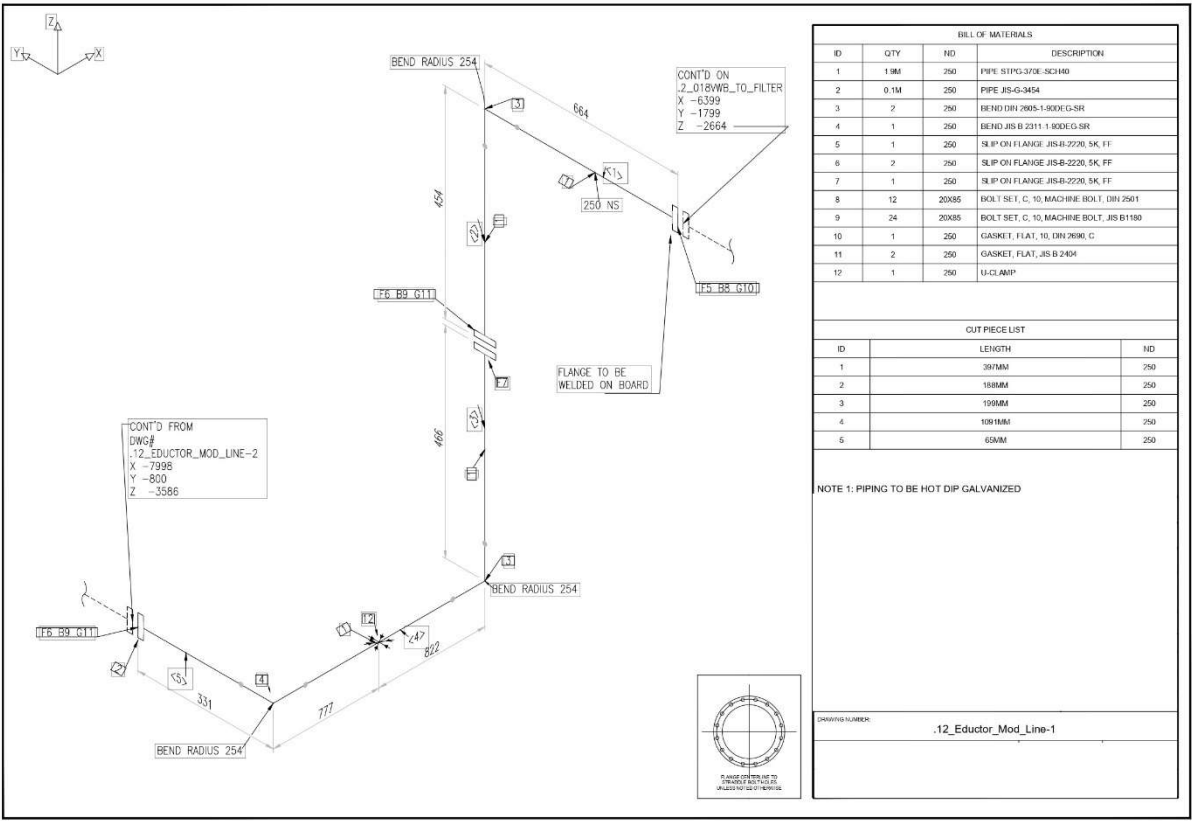


ISOMETRIC DRAWINGS

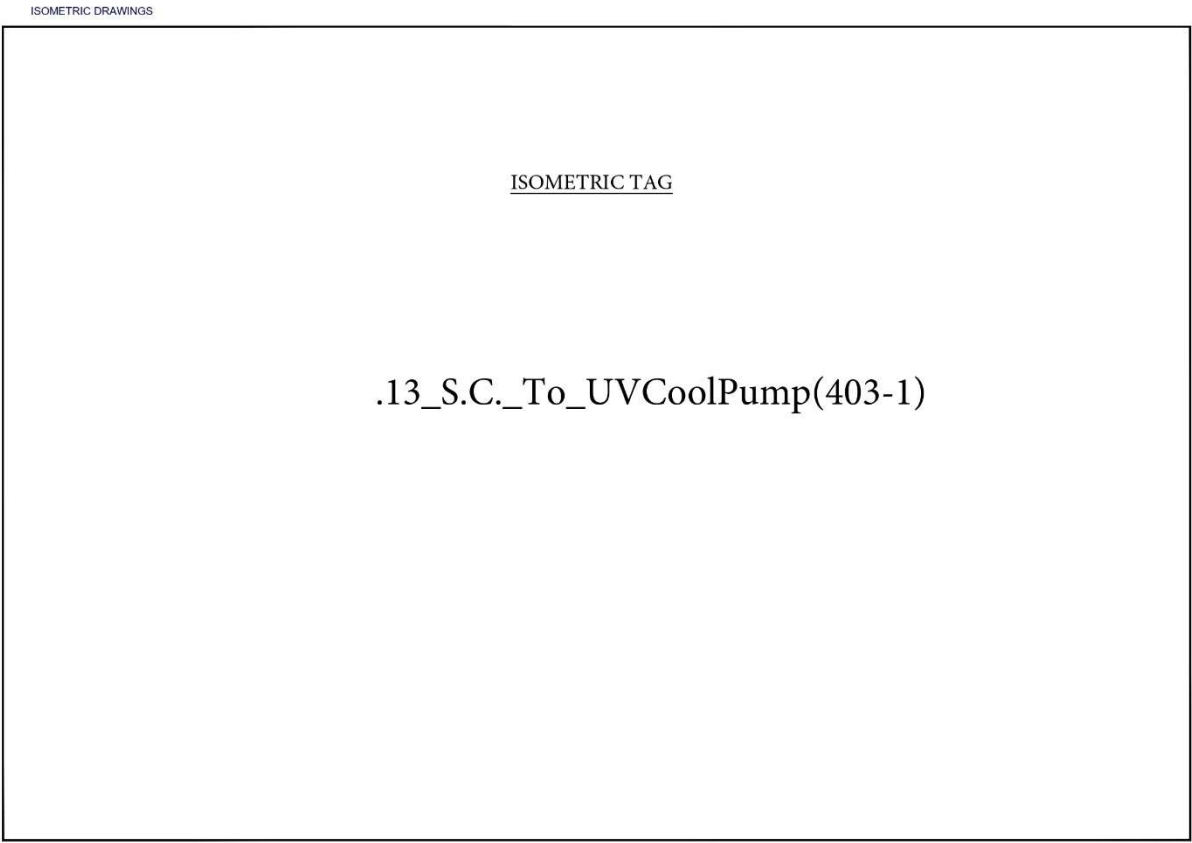
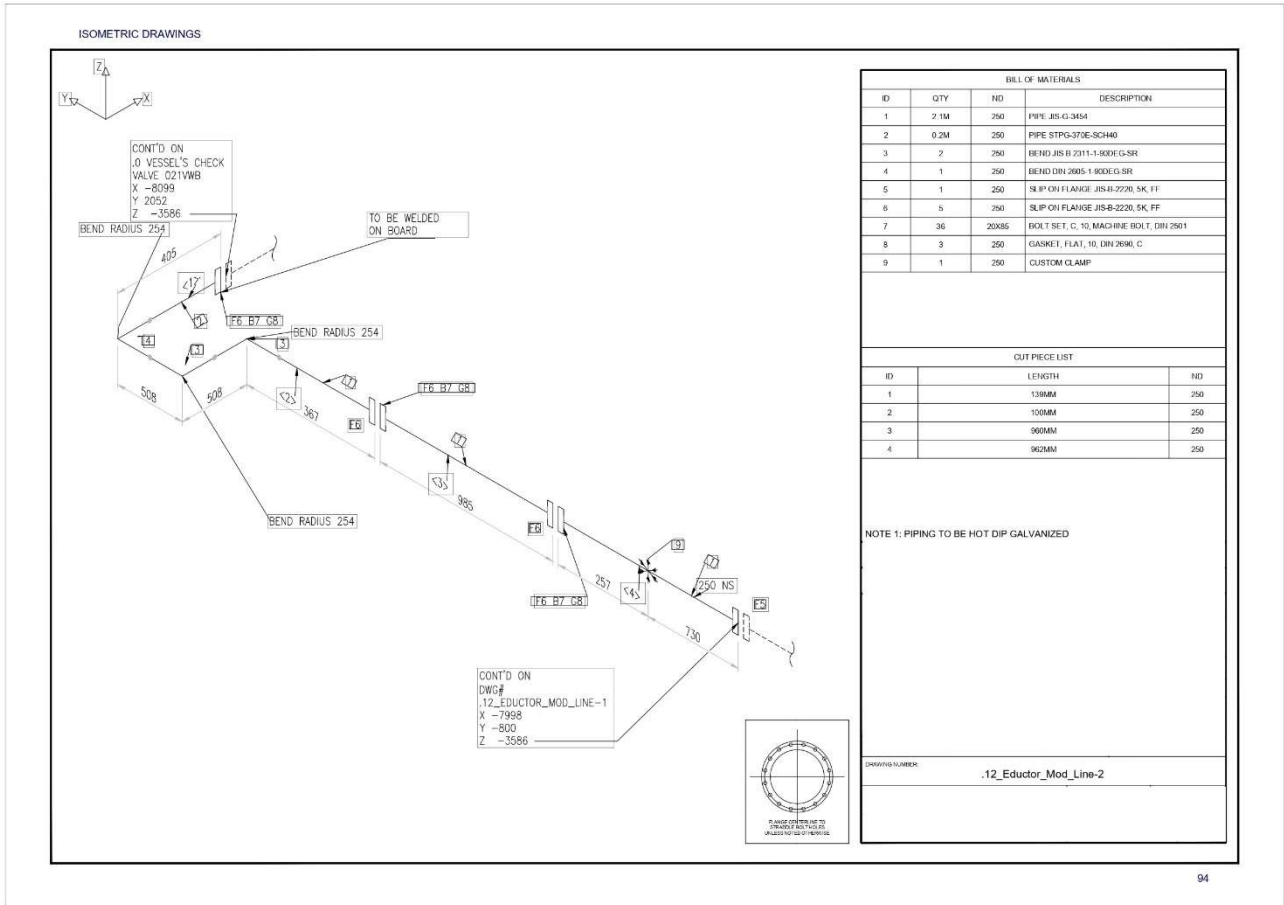


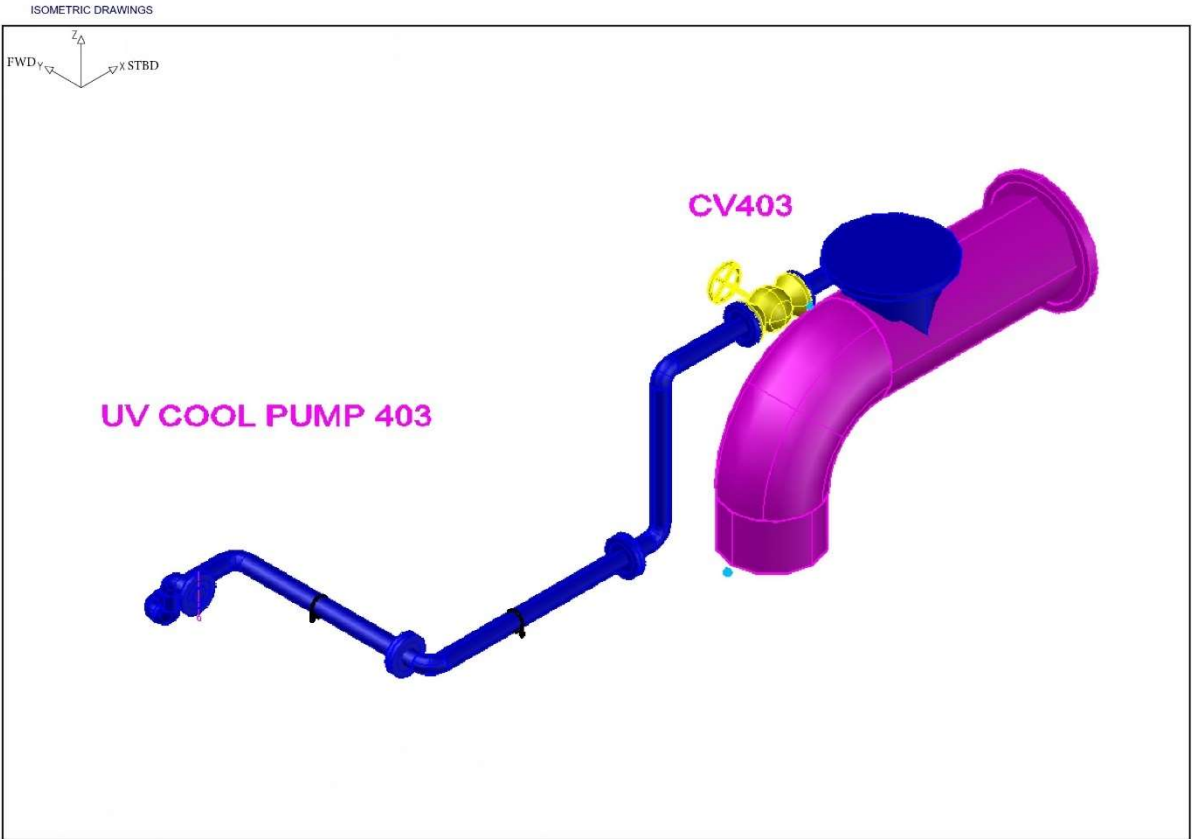
92

ISOMETRIC DRAWINGS

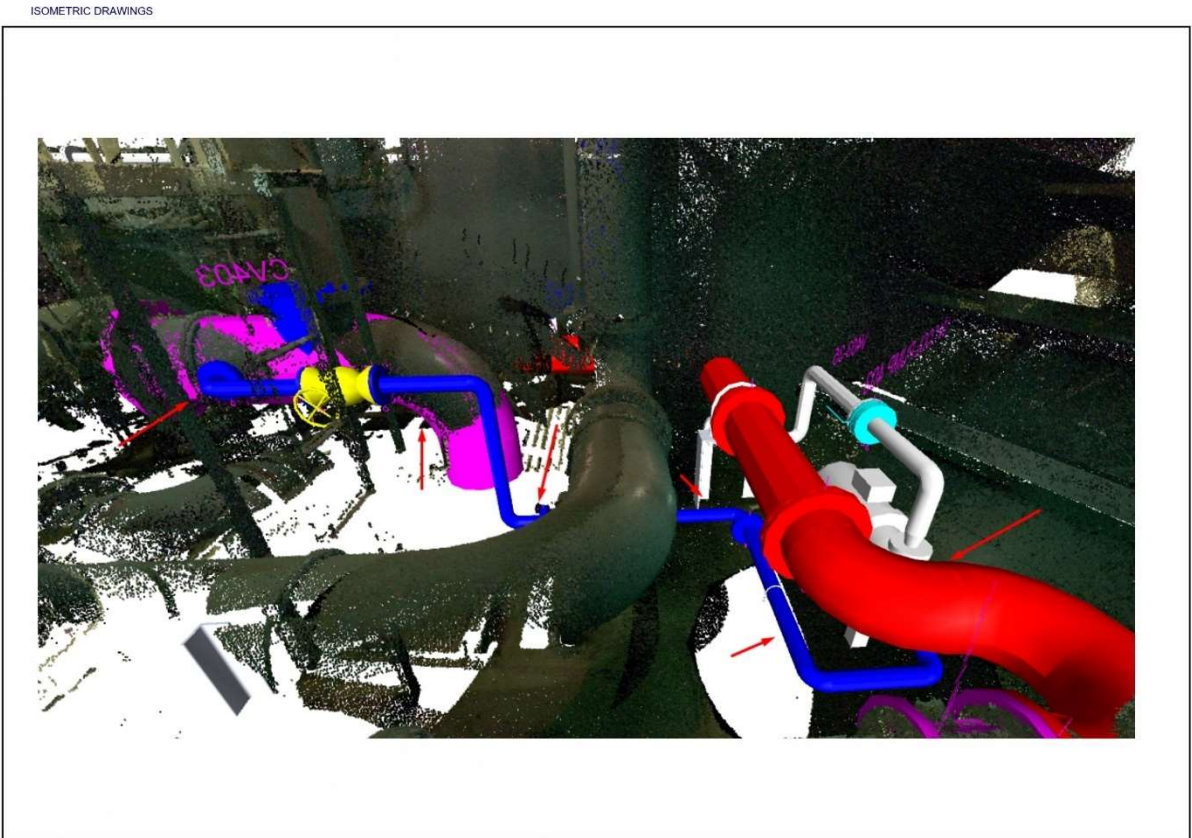


93



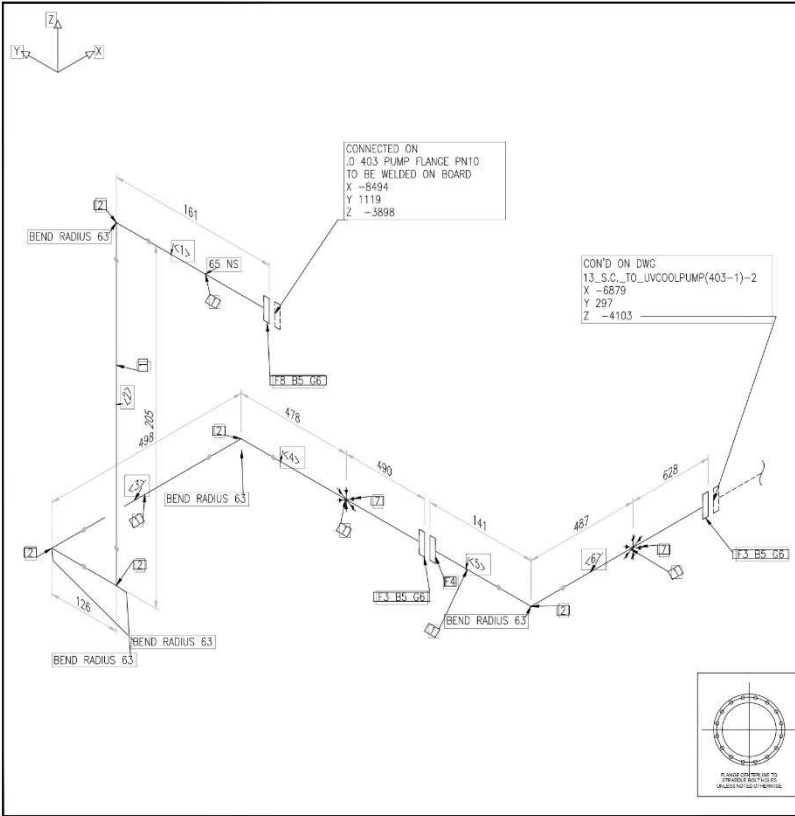


96



97

ISOMETRIC DRAWINGS



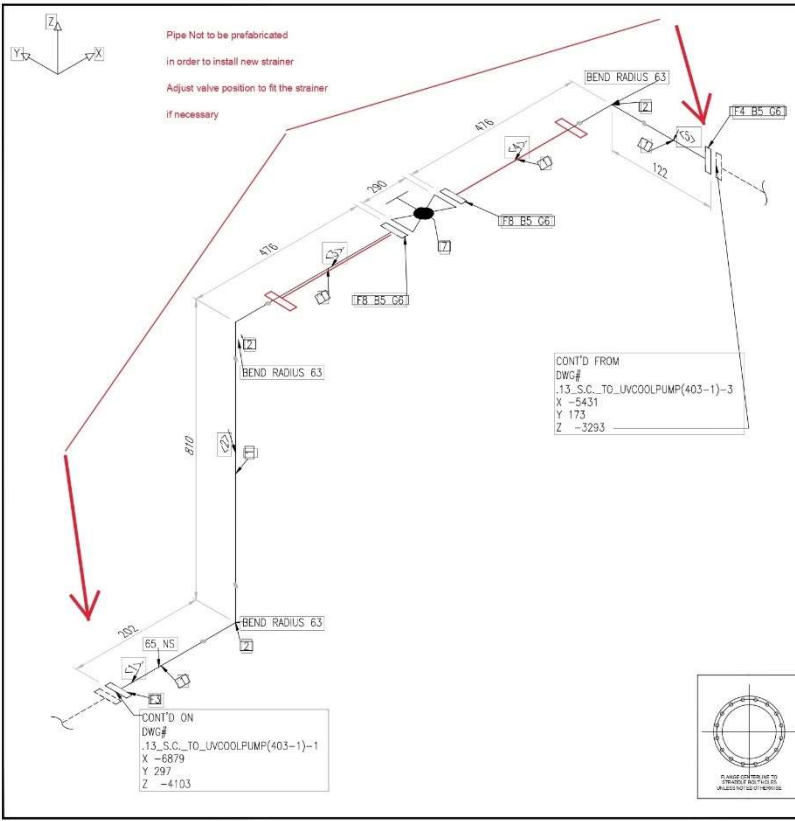
BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	2	65	PIPE JIS G 3454
2	5	65	BEND DIN 2005-1-00DEG-SR
3	3	65	SLIP ON FLANGE JIS-B 2220, 9K, FF
5	12	16X65	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, JIS B1180
6	3	65	GASKET, FLAT, JIS B 2404
7	2	65	U-CLAMP
8	1	65	SLIP ON FLANGE ISO DIN 7005 PH 10

CUT PIECE LIST		
ID	LENGTH	NO
1	90MM	65
2	80MM	65
3	373MM	65
4	897MM	65
5	69MM	65
6	1043MM	65

NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED

DRAWING NUMBER: .13_S.C._To_UvCoolPump(403-1)-1

ISOMETRIC DRAWINGS

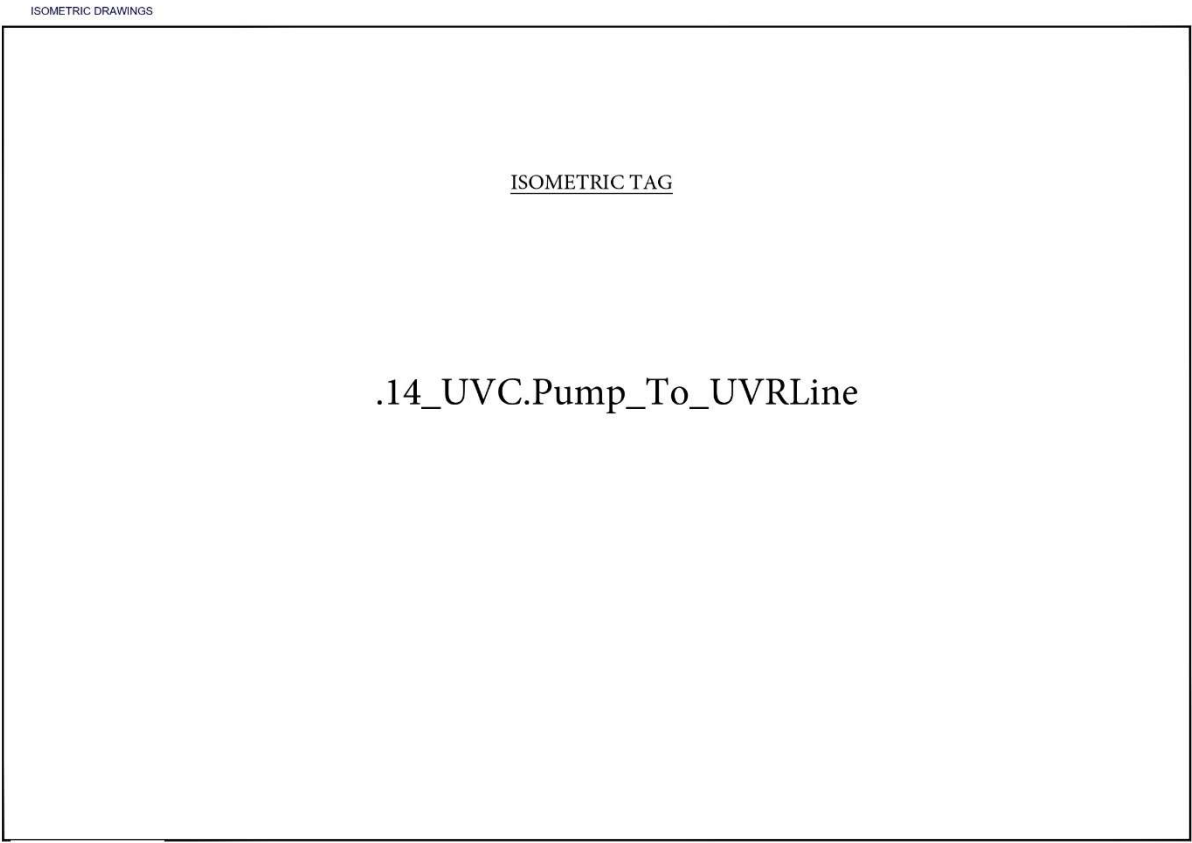
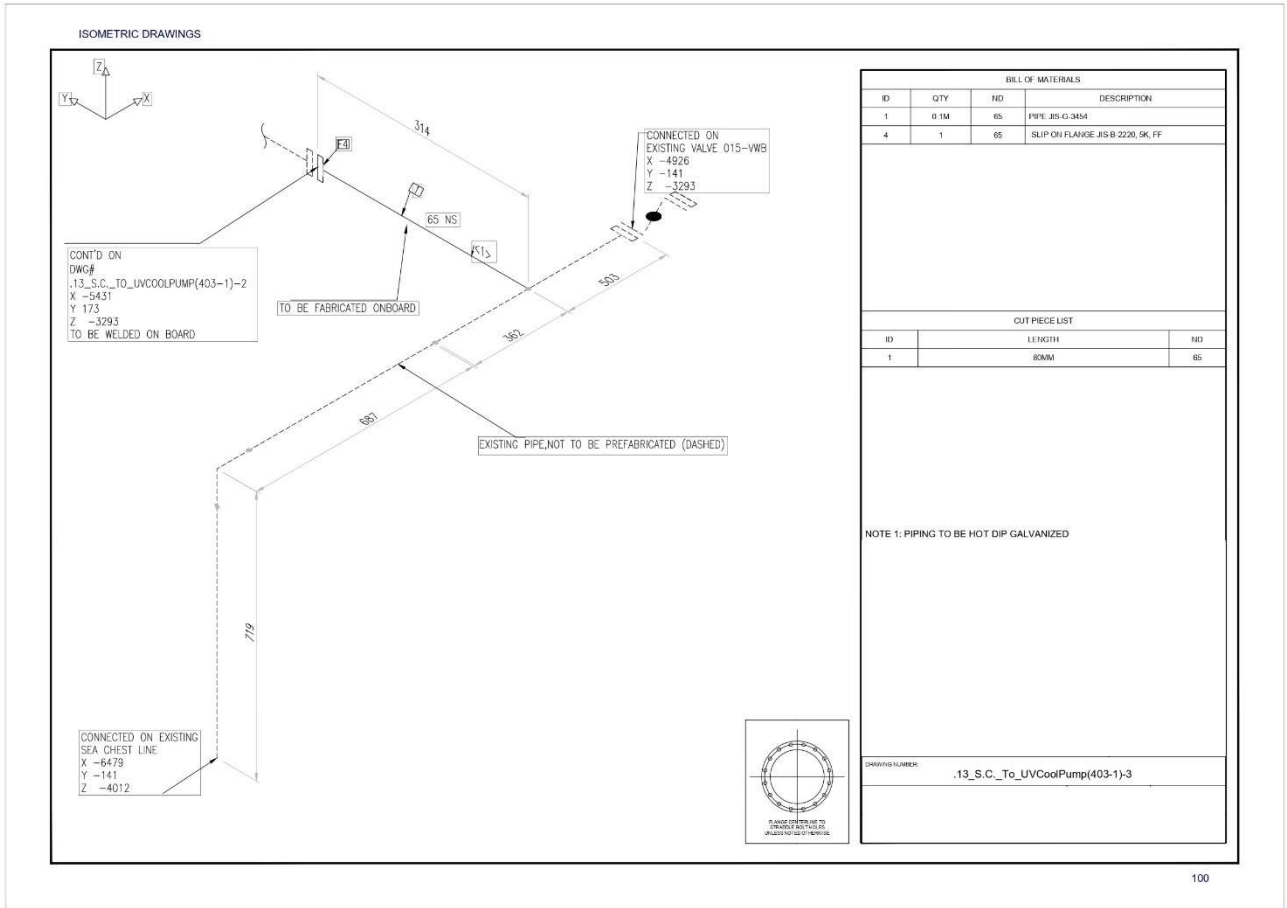


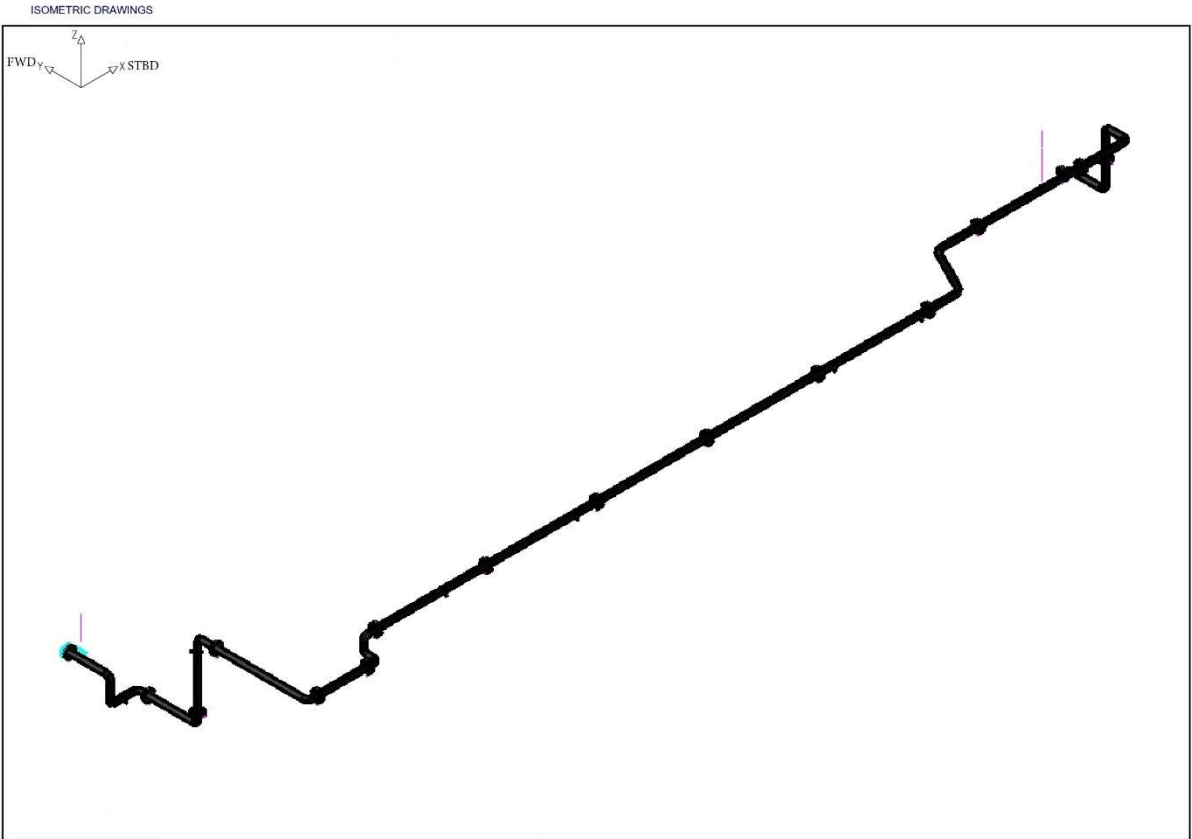
BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	1	7M	PIPE JIS G 3454
2	3	65	BEND DIN 2005-1-00DEG-SR
3	1	65	SLIP ON FLANGE JIS-B 2220, 9K, FF
4	1	65	SLIP ON FLANGE JIS-B 2220, 9K, FF
5	12	16X65	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, JIS B1180
6	3	65	GASKET, FLAT, JIS B 2404
7	1	65	CV403 SDHR GLOBE VALVE JIS 10K
8	2	65	SLIP ON FLANGE JIS B 2220, 10K, FF

CUT PIECE LIST		
ID	LENGTH	NO
1	130MM	65
2	685MM	65
3	405MM	65
4	405MM	65
5	5MM	65

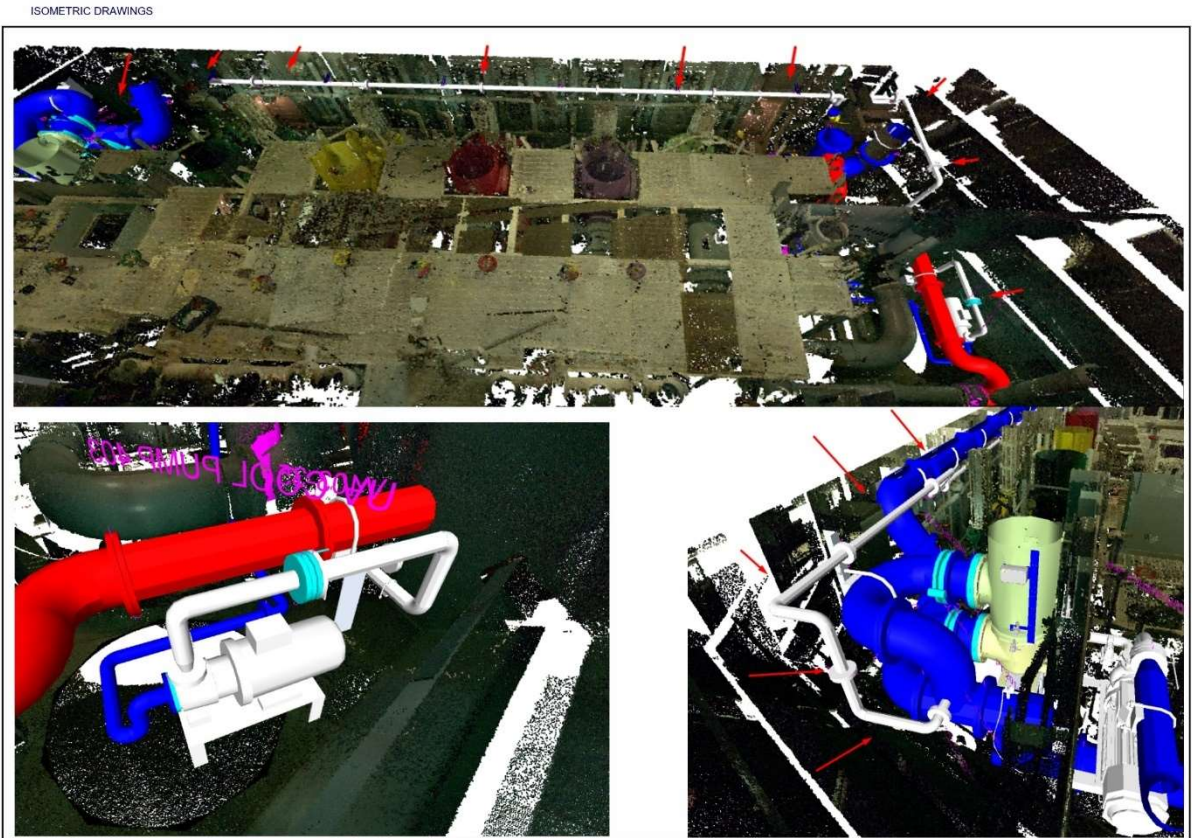
NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED

DRAWING NUMBER: .13_S.C._To_UvCoolPump(403-1)-2



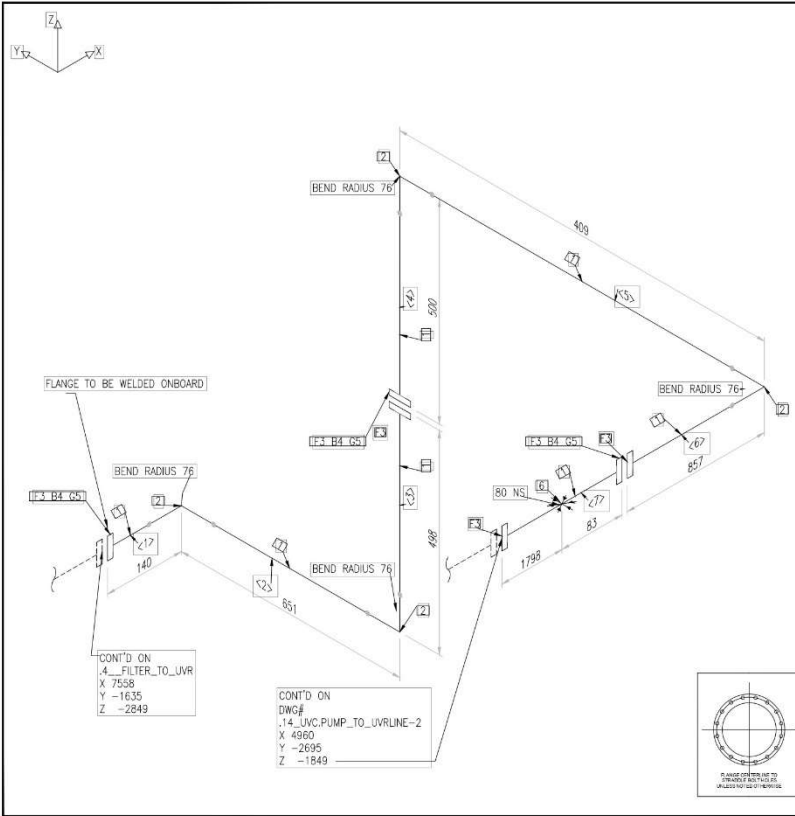


102



103

ISOMETRIC DRAWINGS



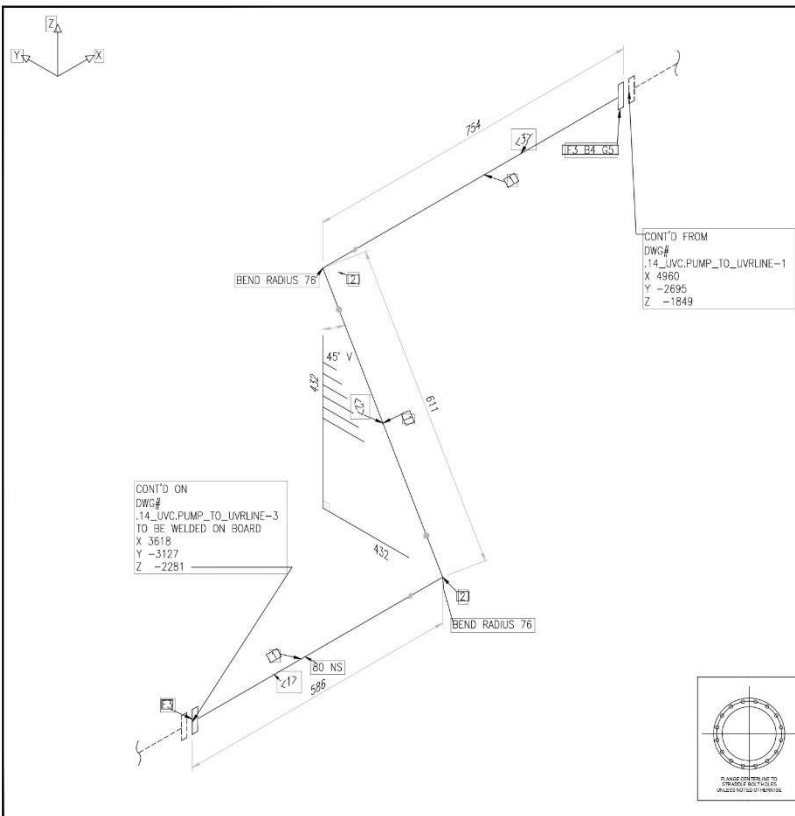
BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	4.3M	80	PIPE STPG-370E-3C3H40
2	4	80	BEND DIN 2005-1-80DEG-SR
3	6	80	SLIP ON FLANGE JIS-B-2220, 5K, FF
4	24	16X70	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, DIN 2501
5	3	80	GASKET, FLAT, 10, DIN 2690, C
6	1	80	U-CLAMP*

CUT PIECE LIST		
ID	LENGTH	NO
1	59MM	80
2	500MM	80
3	412MM	80
4	414MM	80
5	258MM	80
6	772MM	80
7	1861MM	80

NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED

DRAWING NUMBER: .14_UVC.Pump_To_UVRLine-1

ISOMETRIC DRAWINGS



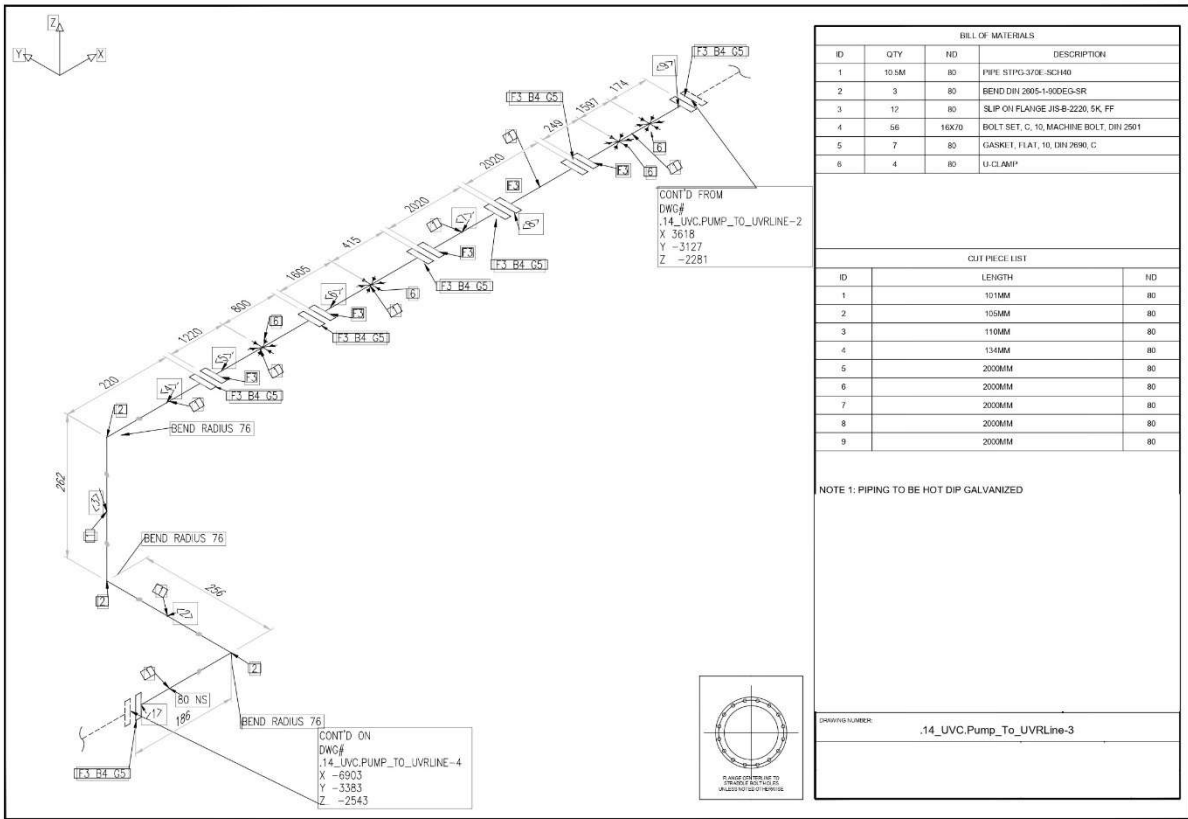
BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	1.7M	80	PIPE STPG-370E-3C3H40
2	2	80	BEND DIN 2005-1-80DEG-SR
3	2	80	SLIP ON FLANGE JIS-B-2220, 5K, FF
4	8	16X70	BOLT SET, C, 10, MACHINE BOLT, DIN 2501
5	1	80	GASKET, FLAT, 10, DIN 2690, C

CUT PIECE LIST		
ID	LENGTH	NO
1	500MM	80
2	498MM	80
3	688MM	80

NOTE 1: PIPING TO BE HOT DIP GALVANIZED

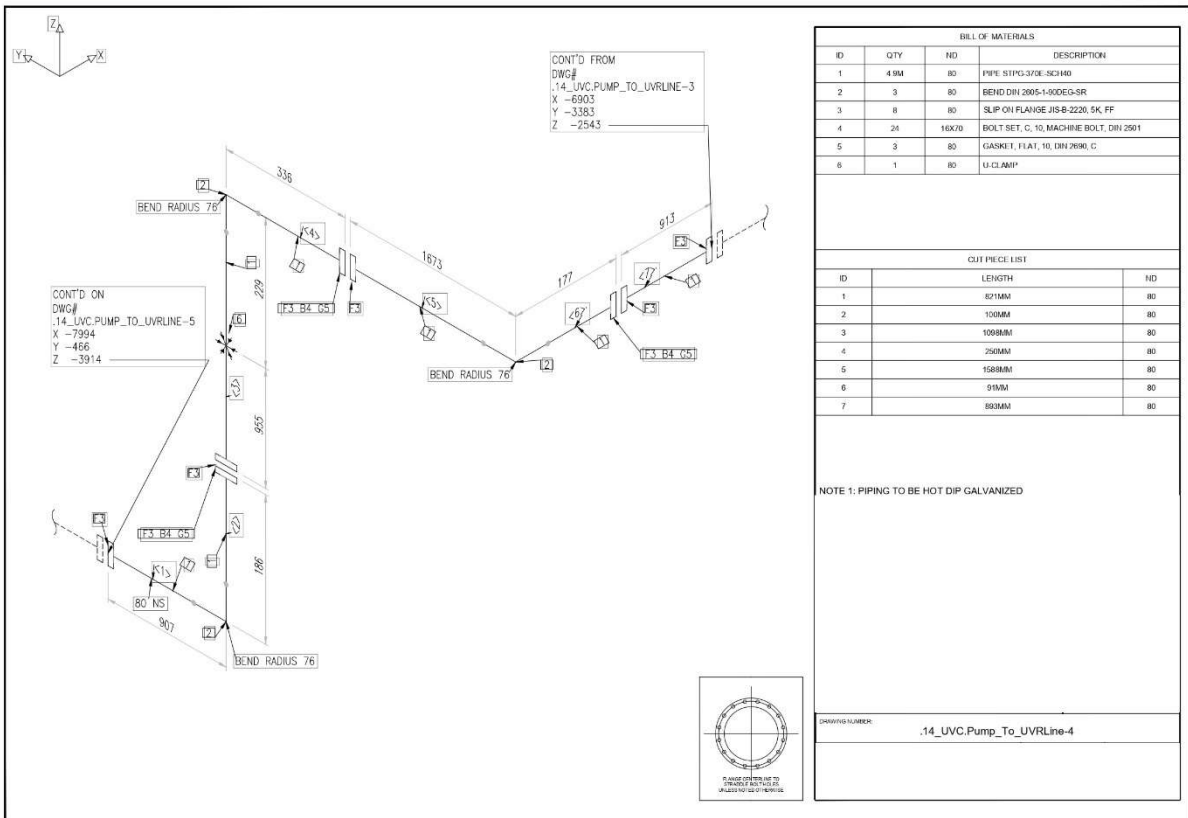
DRAWING NUMBER: .14_UVC.Pump_To_UVRLine-2

ISOMETRIC DRAWINGS



106

ISOMETRIC DRAWINGS



107

