

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ex D.Lgs 152/2006

DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA PER LA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

HUB ENERGETICO AGNES ROMAGNA 1&2 UBICATO NEL TRATTO DI MARE ANTISTANTE ALLA COSTA EMILIANO-ROMAGNOLA E NEL COMUNE DI RAVENNA

Titolo:

RELAZIONE SULLE ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE, INSTALLAZIONE E COMMISSIONING DELLE OPERE (REV01)

Codice identificativo:

AGNROM_EP-R_REL-EPCI_REV01

Proponente:



Agnes S.r.l.

P. IVA: 02637320397

Autore del documento:



Qint'x S.r.l.

P. IVA: 01445520396



DETTAGLI DEL DOCUMENTO

Titolo documento	Relazione sulle attività di costruzione, installazione e commissioning delle opere (REV01)
Codice documento	AGNROM_EP-R_REL-EPCI_REV01
Titolo progetto	Hub energetico Agnes Romagna 1&2
Codice progetto	AGNROM
Data	15/11/2023
Versione	1.0
Autore/i	N. Lontani; L. Biheng
Tipologia elaborato	Relazione
Cartella	16
Sezione	Documentazione integrativa
Formato	A4

VERSIONI

1.0	01	N. Lontani; L. Biheng	A. Bernabini	AGNES	Emissione finale con revisioni
1.0	00	G. L. Vaglio	A. Bernabini	AGNES	Emissione finale
Ver.	Rev.	Redazione	Controllo	Emissione	Commenti

FIRMA DIGITALE



Agnes S.r.l.

Via Del Fringuello 28, 48124 Ravenna (IT)

Questo documento è di proprietà Agnes S.r.l.

Qualunque riproduzione, anche parziale, è vietata senza la sua preventiva autorizzazione.

Ogni violazione sarà perseguita a termini di legge.



Sommario

1. INTRODUZIONE	10
1.1 SCOPO E STRUTTURA DEL DOCUMENTO	11
1.2 REVISIONI EFFETTUATE DEL DOCUMENTO	11
1.3 UBICAZIONE GEOGRAFICA	12
1.3.1 AREA MARINA	12
1.3.2 AREA TERRESTRE	14
1.4 CARATTERISTICHE ESSENZIALI E SINTESI DELLE OPERE PREVISTE	15
2. INDIVIDUAZIONE DEL PORTO DI RIFERIMENTO E DELLE BASI LOGISTICHE	19
2.1 PENISOLA TRATTAROLI	22
2.2 AREA SAN VITALE	24
2.3 AREA PIOMBONI	25
2.4 ALTRE FACILITIES	26
3. SICUREZZA NEI CANTIERI PER GLI IMPIANTI OFFSHORE	28
4. ATTIVITÀ DI CANTIERE PER GLI IMPIANTI OFFSHORE	29
4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO	29
4.1.1 STOCCAGGIO E ASSEMBLAGGIO A TERRA	29
4.1.2 TRASPORTO DELLE COMPONENTI DALL'AREA DI STOCCAGGIO AL SITO DI INSTALLAZIONE	32
4.1.3 OPERAZIONI DI INSTALLAZIONE	37
4.2 IMPIANTO EOLICO	39
4.2.1 FABBRICAZIONE, STOCCAGGIO E ASSEMBLAGGIO A TERRA	39
4.2.2 TRASPORTO DELLE COMPONENTI DALL'AREA DI STOCCAGGIO AL SITO DI INSTALLAZIONE	47
4.2.3 OPERAZIONI DI INSTALLAZIONE	52
4.3 SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE A MARE	71
4.3.1 COSTRUZIONE E STOCCAGGIO A TERRA	71
4.3.2 TRASPORTO DELLE COMPONENTI DALL'AREA DI STOCCAGGIO AL SITO DI INSTALLAZIONE	73
4.3.3 OPERAZIONI DI INSTALLAZIONE	76
4.3.4 FASE DI COMMISSIONING	81
4.4 ELETTRODOTTI MARINI	83
4.4.1 PREPARAZIONE E MOBILIZZAZIONE	84
4.4.2 TRASPORTO DALL'AREA DI STOCCAGGIO AL SITO DI INSTALLAZIONE	85
4.4.3 OPERAZIONI DI INSTALLAZIONE	85
4.5 OPERE DI APPRODO	94
4.5.1 FASE 1 – ESECUZIONE FORO PILOTA	98
4.5.2 FASE 2 - ALESATURA	100
4.5.3 ATTREZZATURE OFF-SHORE	102
4.5.4 FASE 3 – TIRO TUBAZIONE	103



4.5.5	COMPLETAMENTO DELLA LINEA E SMOBILITAZIONE.....	105
5.	SICUREZZA NEI CANTIERI PER GLI IMPIANTI ONSHORE.....	106
5.1.1	ALLESTIMENTO DEI CANTIERI.....	106
5.1.2	VIE DI ACCESSO E VIE DI USCITA.....	107
5.1.3	USO DI GAS	108
5.1.4	DEPOSITO CARICHI E USO DEI MACCHINARI	109
5.1.5	ELETTROCUZIONE.....	110
5.1.6	TRANSITO DEI MEZZI PESANTI E GESTIONE DEL TRAFFICO	110
5.1.7	LOCALI E SERVIZI IGIENICI	111
5.1.8	CARTELLONISTICA E SEGNALETICA.....	112
6.	ATTIVITÀ DI CANTIERE PER GLI IMPIANTI ONSHORE	114
6.1	AREA AGNES RAVENNA PORTO.....	114
6.1.1	SOTTOSTAZIONE DI CONVERSIONE ELETTRICA TERRESTRE.....	119
6.1.2	IMPIANTO DI ACCUMULO ENERGIA (BESS).....	123
6.1.3	IMPIANTO DI IDROGENO	127
6.1.4	ATTIVITÀ COSTRUTTIVE IN AGNES RAVENNA PORTO	127
6.2	MODALITÀ DI POSA E DI ATTRAVERSAMENTO DEI CAVI 380 kV.....	129
7.	LIMITAZIONI E TEMPISTICHE DI ESECUZIONE ED INSTALLAZIONE.....	133
7.1	PREMESSA	133
7.2	IDENTIFICAZIONE DEI FATTORI DI LIMITAZIONE NELL'INSTALLAZIONE OFFSHORE	135
7.3	IMPIANTI FOTOVOLTAICI OFFSHORE	136
7.3.1	LIMITI METEOMARINI E FINESTRE METEOROLOGICHE PER L'IMPIANTO SOLARE GALLEGGIANTE	136
7.4	FONDAZIONI TURBINE EOLICHE.....	139
7.4.1	ULTERIORI SPECIFICHE SULLE METODOLOGIE DI INSTALLAZIONE	139
7.4.2	MONOPALO	139
7.4.3	JACKET	140
7.4.4	MULTIPALO	141
7.4.5	LIMITI METEOMARINI E FINESTRE METEOROLOGICHE PER LE FONDAZIONI DEGLI IMPIANTI EOLICI	141
7.5	AEROGENERATORI	144
7.6	SOTTOSTAZIONI DI CONVERSIONE ELETTRICA OFFSHORE	147
7.7	CAVI MARINI OFFSHORE.....	152
7.8	OPERA DI APPRODO TRAMITE TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA	156
7.9	OPERAZIONI SUL COMPARTO TERRESTRE	156
8.	CRONOPROGRAMMA GENERALE DEI LAVORI	158
	APPENDICE A – DETTAGLIO DELLE FASI DI INSTALLAZIONE E CONDIZIONI METOMARINE LIMITE	160
	APPENDICE B – ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI D'ONDA	161
	APPENDICE C – ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI DI VENTO	162



Relazione sulle attività di costruzione, installazione e commissioning delle opere (REV01)
AGNROM_EP-R_REL-EPCI_REV01



Indice delle figure

FIGURA 1: NUOVO LAYOUT DEL COMPARTO OFFSHORE	12
FIGURA 2: INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A MARE DI ROMAGNA 1 & 2.....	13
FIGURA 3: INDIVIDUAZIONE DELLE AREE INTERESSATE DALLE OPERE TERRESTRI DI AGNES ROMAGNA	14
FIGURA 4: SCHEMA STILIZZATO DELL'HUB ENERGETICO ROMAGNA 1&2	15
FIGURA 4: AREE DI SUPPORTO AL PROGETTO AGNES ROMAGNA, ALL'INTERNO DEL PORTO DI RAVENNA	20
FIGURA 5: DISTANZE MINIME DI PERCORSO FRA AREE OFFSHORE DELL'HUB AGNES ROMAGNA E IL MARSHALLING HARBOUR INDIVIDUATO	21
FIGURA 6: PORZIONE DELLA PENISOLA TRATTATOLI PRELIMINARMENTE INDIVIDUATA	22
FIGURA 7: INTERVENTI PREVISTI NELLA PENISOLA TRATTAROLI CON INDICAZIONE DELL'AREA DISPONIBILE DURANTE LA FASE DI COSTRUZIONE DEL PROGETTO AGNES ROMAGNA 1&2 (FONTE: GRUPPO SAPIR)	23
FIGURA 8: FOTO DA SATELLITE DELL'AREA SAN VITALE	24
FIGURA 9: FOTO DA SATELLITE DELL'AREA PIOMBONI	25
FIGURA 10: DETTAGLI DELLO "YARD PIOMBONI" ROSETTI MARINO	26
FIGURA 11: FACILITIES DI ROSETTI MARINO A RAVENNA.....	27
FIGURA 12: VISTA DA SATELLITE DELL'AREA PORTUALE DI RAVENNA DESTINABILE PER LA FASE DI COSTRUZIONE DELL'OFPV.....	30
FIGURA 13: AREA SAN VITALE PER L'ASSEMBLAGGIO DELLE PIATTAFORME TRIANGOLARI.....	31
FIGURA 14: IPOTESI DI STOCCAGGIO DI GALLEGGIANTI	32
FIGURA 17: INSTALLAZIONE DEI MODULI FOTOVOLTAICI	32
FIGURA 18: TRASPORTO IN ACQUA DELLA PIATTAFORMA TRIANGOLARE	33
FIGURA 19: TRASPORTO PIATTAFORMA TRIANGOLARE TRAMITE RIMORCHIATORI	33
FIGURA 20: TRAGITTO RIMORCHIATORI PER INSTALLAZIONE PIATTAFORME (CIRCA 41KM).....	34
FIGURA 21: FOTO DI UN RIMORCHIATORE NEL PORTO DI RAVENNA.....	34
FIGURA 22: RENDERING DELLE PIATTAFORME IN PROGETTO, RIMORCHiate	35
FIGURA 23: SEZIONI DI PASSAGGIO CRITICHE DEL PORTO DI RAVENNA	36
FIGURA 24: L'IMMAGINE DI SINISTRA RAPPRESENTA IL PUNTO (A), A DESTRA (B).....	36
FIGURA 25: L'IMMAGINE DI SINISTRA RAPPRESENTA IL PUNTO (C), A DESTRA (D).....	37
FIGURA 26 L'IMMAGINE DI SINISTRA RAPPRESENTA IL PUNTO (E), A DESTRA (F).....	37
FIGURA 27: L'IMMAGINE RAPPRESENTA IL PUNTO (G)	37
FIGURA 35: CIME PERMANENTI (IN BIANCO), CIME TEMPORANEE (IN VERDE) E ANCORE PREINSTALLATE	38
FIGURA 36: INSTALLAZIONE SISTEMI DI ANCORAGGIO IN SITO	38
FIGURA 37: IPOTESI DI STOCCAGGIO: 50 MONOPALI E 50 ELEMENTI DI TRANSIZIONE IN POSIZIONE ORIZZONTALE	40
FIGURA 38: IPOTESI DI STOCCAGGIO: MONOPALI IN POSIZIONE VERTICALE	41
FIGURA 39: IPOTESI DI STOCCAGGIO: MONOPALI ED ELEMENTI DI TRANSIZIONE IN POSIZIONE VERTICALE	41
FIGURA 40: IPOTESI DI STOCCAGGIO: MONOPALI IN POSIZIONE ORIZZONTALE, JACKET ED ELEMENTI DI TRANSIZIONE IN POSIZIONE VERTICALE	42
FIGURA 41: IPOTESI DI STOCCAGGIO: MONOPALI E COMPONENTI MULTIPALO IN POSIZIONE ORIZZONTALE, ELEMENTI DI TRANSIZIONE IN POSIZIONE VERTICALE	42
FIGURA 42: IPOTESI DI STOCCAGGIO: MONOPALI, TORRI E PALE IN POSIZIONE ORIZZONTALE, ELEMENTI DI TRANSIZIONE IN POSIZIONE VERTICALE	43
FIGURA 43: IPOTESI DI STOCCAGGIO: MONOPALI, TORRI E PALE IN POSIZIONE ORIZZONTALE, ELEMENTI DI TRANSIZIONE IN POSIZIONE VERTICALE, JACKET IN POSIZIONE VERTICALE	43
FIGURA 44: IPOTESI DI STOCCAGGIO: MONOPALI E PALE IN POSIZIONE ORIZZONTALE, ELEMENTI DI TRANSIZIONE E TORRI IN POSIZIONE VERTICALE.....	44
FIGURA 45: IPOTESI DI STOCCAGGIO: MONOPALI IN POSIZIONE VERTICALE	44
FIGURA 46: IPOTESI DI STOCCAGGIO: MONOPALI ED ELEMENTI DI TRANSIZIONE IN POSIZIONE VERTICALE	45
FIGURA 47: IPOTESI DI STOCCAGGIO: TORRI E PALE IN POSIZIONE ORIZZONTALE, COMPONENTI MULTIPALO, JACKET IN POSIZIONE VERTICALE	45



FIGURA 48: IPOTESI DI STOCCAGGIO: TORRI IN POSIZIONE ORIZZONTALE.....	46
FIGURA 49: IPOTESI DI STOCCAGGIO: TORRI E PALE IN POSIZIONE ORIZZONTALE.....	46
FIGURA 50: DISTANZE PERCORSE DAL PORTO DI RAVENNA AI SITI DI INSTALLAZIONE ROMAGNA 1 E ROMAGNA 2	47
FIGURA 51: OPERAZIONI DI CARICO DELLA NAVE HLV CON FONDAZIONI MONOPALO	47
FIGURA 52 E 53: TRASPORTO DI FONDAZIONI MONOPALO ED ELEMENTI DI TRANSIZIONE TRAMITE CHIATTA (A SINISTRA) E TRAMITE JACK UP CON COMPONENTI FISSATI SUL PONTE DELLA NAVE (A DESTRA).....	48
FIGURA 54: NAVE HLV CON MONOPALI ED ELEMENTI DI TRANSIZIONE FISSATI SUL PONTE DELLA NAVE	48
FIGURA 55: STUDIO DELLA SEQUENZA DELLE OPERAZIONI DI JACKET UP-ENDING.....	49
FIGURA 56: JACKET UP-ENDING IN CANTIERE	49
FIGURA 57: TRASPORTO DI FONDAZIONI JACKET SU CHIATTA	50
FIGURA 58: VISTA DELLE OPERAZIONI IN FASE DI CARICO DELLA NAVE	50
FIGURA 59: FASE DI SOLLEVAMENTO E CARICO, IN PORTO.....	51
FIGURA 60: FASE DI CARICO IN PORTO. VISTA DEL SUPPORTO PER IL TRASPORTO DELLE PALE	51
FIGURA 61: NAVE CARICA CON COMPONENTI DEGLI AEROGENERATORI (TORRI, NAVICELLE, PALE) POSIZIONATA AL SITO DI INSTALLAZIONE	52
FIGURA 62: POSIZIONAMENTO DEL MONOPALO NEL GRIPPER PER L'INSTALLAZIONE	54
FIGURA 63: BATTITURA DEL MONOPALO TRAMITE APPOSITO MARTELLO	56
FIGURA 64: INSTALLAZIONE DELL'ELEMENTO DI TRANSIZIONE SULLA FONDAZIONE	57
FIGURA 65: FASE DI BULLONATURA ESEGUITA CON STRUMENTAZIONE APPOSITA	57
FIGURA 66: ESEMPIO INSTALLAZIONE DI SCOUR PROTECTION.....	59
FIGURA 67: FASE 1 – INSTALLAZIONE PALI DI FONDAZIONE	60
FIGURA 68: INSTALLAZIONE DEL JACKET.....	61
FIGURA 69: INSTALLAZIONE ELEMENTO DI TRANSIZIONE E CEMENTAZIONE DEI PALI	62
FIGURA 70: STRUTTURA DI FONDAZIONI JACKET CON SUCTION PILES.....	64
FIGURA 71: SCHEMATICA DELLE FASI DI INSTALLAZIONE E PENETRAZIONE DELLE SUCTION PILES	64
FIGURA 72: OPERAZIONI DI CARICO IN PORTO DEI PALI PER LA FONDAZIONE MULTIPALO	65
FIGURA 73: INSTALLAZIONE PALI DI FONDAZIONE TRAMITE PILING BARGE	65
FIGURA 74: INSTALLAZIONE PALI CON GUIDA	66
FIGURA 75: INSTALLAZIONE ELEMENTO DI TRANSIZIONE IN CALCESTRUZZO.....	67
FIGURA 76: ESEMPIO IMPIANTO EOLICO CON FONDAZIONI MULTIPALO INSTALLATE.....	67
FIGURA 77: ESEMPIO DI INSTALLAZIONE TORRE DELL'AEROGENERATORE	68
FIGURA 78: ESEMPIO INSTALLAZIONE PALA	69
FIGURA 79: ESEMPIO COMPLETAMENTO INSTALLAZIONE PALE. TRASPORTO ELEMENTI PER INSTALLAZIONE AEROGENERATORI.....	70
FIGURA 80: ESEMPIO DI TRASPORTO UNITÀ ROTORE E PALE PREASSEMBLATE	70
FIGURA 81: ESEMPIO DI INSTALLAZIONE UNITÀ ROTORE E PALE PREASSEMBLATE	71
FIGURA 82: VISTA DAL CANTIERE PIOMBONI DELLA COSTRUZIONE JACKET.....	72
FIGURA 83: STUDIO DELLA SEQUENZA DELLE OPERAZIONI DI JACKET UP-ENDING.....	73
FIGURA 84: LOAD OUT DI UNA GABBIA ANODICA ED ELEMENTO DI TRANSIZIONE PER FONDAZIONE DI SOTTOSTAZIONE MARINA	74
FIGURA 85: LOAD OUT DELLA FONDAZIONE JACKET SULLA CHIATTA PER IL TRASPORTO	75
FIGURA 86: TRAINO DELLA CHIATTA PER IL TRASPORTO CON RIMORCHIO	75
FIGURA 87: GABBIA CON PROTEZIONE CATODICA E J-TUBES, ELEMENTO DI TRANSIZIONE PER SOTTOSTAZIONE (IN GIALLO).....	77
FIGURA 88: CONFIGURAZIONE CHIATTA PER TRAPORTO JACKET E TOPSIDE	78
FIGURA 89: VERTICALIZZAZIONE PALI.....	79
FIGURA 90: VERTICALIZZAZIONE ED INSTALLAZIONE PALI	79
FIGURA 91: STUDIO SOLLEVAMENTO E INSTALLAZIONE TOPSIDE	80



FIGURA 92: INSTALLAZIONE TOPSIDE SOTTOSTAZIONE.....	80
FIGURA 93: ESEMPIO DI IDONEA NAVE POSACAVI	84
FIGURA 94: DETTAGLIO DELLO STRUMENTO UTILIZZATO NELLE OPERAZIONI DI PREINSTALLAZIONE	86
FIGURA 95: GRAFICA DI FUNZIONAMENTO DELLA TECNICA JETTING	87
FIGURA 96: ESTREMITÀ DI CAVO TAGLIATO DURANTE LE OPERAZIONI DI INSTALLAZIONE	88
FIGURA 97: INFRASTRUTTURE PRESENTI NELL'AREA DI PROGETTO CON INDICAZIONE PUNTI DI ATTRAVERSAMENTO	89
FIGURA 98: POSIZIONE DELLE CONDOTTE CON RELATIVE IMMAGINI SBP	91
FIGURA 99: PROTEZIONE DEL CROSSING CON MATERASSI DI CALCESTRUZZO E PROTEZIONI IN ROCCIA	91
FIGURA 100: ESEMPIO DI LANCIO DEI MATTRESSES ED INSTALLAZIONE	92
FIGURA 101: OPERAZIONE DI INTERRAMENTO DEL CAVO TRAMITE SCAVO MECCANICO	93
FIGURA 102: MACCHINARIO PER OPERAZIONE DI INTERRAMENTO MEDIANTE IDROGETTO	94
FIGURA 103: SEZIONE TIPICA MACCHINA HDD.....	98
FIGURA 104: PUNTA UTENSILE FORO PILOTA	99
FIGURA 105: SCHEMA ALESATURA.....	101
FIGURA 106: SCHEMA FASI DI LAVORO	101
FIGURA 107: PONTONE TIPICO E BARCA DI APPOGGIO	102
FIGURA 108: VALUTAZIONI PRELIMINARI AREE DI RICOVERO IMBARCAZIONI DI LAVORO	103
FIGURA 109: SCHEMA TIRO DELLE TUBAZIONI.....	104
FIGURA 110: ARRIVO TUBAZIONE ALLA BUCA DI PARTENZA	104
FIGURA 111: FASI DELLE ATTIVITÀ	105
FIGURA 112: PLANO-ALTIMETRICO DELL'AREA AGNES RAVENNA PORTO	114
FIGURA 113: RENDERING DELL'AREA AGNES RAVENNA PORTO	116
FIGURA 114: PLANIMETRIA DI AGNES RAVENNA PORTO CON DIVISIONE DELLE AREE.....	117
FIGURA 115: PLANIMETRIA EDIFICIO SF ₆ 220 kV.....	120
FIGURA 116: PLANIMETRIA EDIFICIO ELETTRICO MT/BT E SERVIZI AUSILIARI.....	122
FIGURA 117: IMBRAGATURA DI SOLLEVAMENTO CONTAINER.....	125
FIGURA 118: SEZIONE TIPICA DI SCAVO E POSA ELETTRODOTTO 380 kV SU STRADA.....	129
FIGURA 119: SEZIONE TIPICA DI SCAVO E POSA ELETTRODOTTO 380 kV SU STRADA.....	130
FIGURA 120: MODALITÀ TIPICA PER ATTRAVERSAMENTI CON SISTEMA TELEGUIDATO DI ELETTRODOTTO IN CAVI 380kV	131
FIGURA 121 E 122: SEZIONI DI POSA DI ELETTRODOTTO IN CAVI 380kV CON T.O.C. PER ATTRAVERSAMENTO STRADALE, FERROVIARIO, RII E CANALI.....	131



Indice delle tabelle

TABELLA 2: ATTIVITÀ PREVISTE NELLA FASE ESECUTIVA DI MESSA IN OPERA DEI CAVI SOTTOMARINI	83
TABELLA 3: CROSSING VISIBILI DA IMMAGINI SBP (REF "REPORT DELLE INDAGINI GEOFISICHE A MARE" APPENDICE A DELLO STUDIO IMPATTO AMBIENTALE)	90
TABELLA 4: SCHEMA DELLE SOTTOFASI DELL'HDD	95
TABELLA 5: VERIFICHE DI CORRETTA INSTALLAZIONE	126
TABELLA 5: LIMITI METEOMARINI E FINESTRE PER LE PROCEDURE TIPICHE DI INSTALLAZIONE PER I SISTEMI DI ORMEGGIO	137
TABELLA 7: PROCEDURE TIPICHE LIMITE METEOROLOGICO E FINESTRA METEOROLOGICA PER L'INSTALLAZIONE DELLE PIATTAFORME DI FOTVOLTAICO	138
TABELLA 5: LIMITI METEOMARINI E FINESTRE PER LE PROCEDURE TIPICHE DI INSTALLAZIONE DELLE FONDAZIONI AEROGENERATORI	142
TABELLA 9: LIMITI METEOMARINI E FINESTRE PER LE PROCEDURE TIPICHE DI INSTALLAZIONE DEI COMPONENTI AEROGENERATORI	145
TABELLA 9: LIMITI METEOMARINI E FINESTRE PER LE PROCEDURE TIPICHE DI INSTALLAZIONE PER LE SOTTOSTAZIONI DI CONVERSIONE ELETTRICA	148
TABELLA 9: LIMITI METEOMARINI E FINESTRE PER LE PROCEDURE TIPICHE DI INSTALLAZIONE PER I CAVI MARINI	155
TABELLA 9: CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ DI HDD	156



1. INTRODUZIONE

Il Progetto Romagna 1&2 è relativo alla installazione e messa in esercizio di un hub energetico localizzato in parte in acque internazionali antistanti la costa emiliano-romagnola e in parte nell'area del Comune di Ravenna. Agnes S.r.l. è la società ideatrice e proponente del progetto, con sede a Ravenna (RA).

L'hub presenta caratteristiche altamente innovative, in primis l'integrazione di impianti a mare di produzione di energia da fonte solare ed eolica, la cui elettricità viene trasmessa a terra per tre diverse finalità tra loro non mutualmente esclusive:

1. immissione nella Rete di Trasmissione Nazionale;
2. stoccaggio in sistemi di immagazzinamento con batterie agli ioni di litio;
3. produzione di idrogeno verde per mezzo del processo di elettrolisi.

Agnes S.r.l., nell'espletamento dei servizi sopra indicati, intende perseguire i seguenti obiettivi generali:

- assicurare che il servizio sia erogato con carattere di sicurezza, affidabilità e continuità nel breve, medio e lungo periodo, secondo le condizioni previste nella suddetta concessione e nel rispetto degli atti di indirizzo emanati dal Ministero e delle direttive impartite dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas;
- concorrere a promuovere, nell'ambito delle sue competenze e responsabilità, la tutela dell'ambiente e la sicurezza degli impianti.

Le opere del Progetto sono nello specifico:

- un impianto eolico off-shore composto da 25 aerogeneratori da 8 MWp cadauno, per una capacità complessiva di 200 MWe ("Romagna 1");
- un impianto eolico off-shore composto da 50 aerogeneratori da 8 MWp cadauno, per una capacità complessiva di 400 MWe ("Romagna 2");
- un impianto fotovoltaico da 100 MWe di tipologia galleggiante;

ed opere di connessione costituite da:

- due stazioni elettriche di trasformazione 66/220 kV off-shore;
- una stazione elettrica di trasformazione 380/220/30/0,4 kV on-shore (SSE Agnes Ravenna Porto) con opere connesse tra cui un impianto di accumulo di energia di capacità fino a 50 MWe / 200 MWh ed un impianto di produzione idrogeno per mezzo di elettrolizzatori;
- elettrodotti marini di inter-array da 66 kV ed export da 220kV, una buca giunti terra-mare per cavi export da 220 kV, cavi export terrestri a 220 kV per la trasmissione dell'energia generata dagli impianti eolici e fotovoltaico alla SSE Agnes Ravenna Porto e da questa, mediante cavi export terrestri a 380 kV alla Stazione Elettrica Terna "La Canala", individuata come punto di connessione alla RTN.



La società proponente ha iniziato a svolgere analisi di fattibilità tecnico-economiche dal 2017 e da allora sono stati compiuti notevoli sforzi di progettazione per gestire le complessità dettate dalle innovazioni tecnologiche proprie degli impianti e maturare le scelte tecniche in base alle esigenze e gli input degli *stakeholder*.

Nel gennaio del 2021 Agnes ha avviato ufficialmente l'iter di autorizzazione del Progetto, ai sensi dell'art. 12 del D.lgs. 387/2003 e secondo quanto disposto dalla circolare n. 40/2012 del MIT. È stata superata con esito positivo la prima fase del complesso iter, ovvero l'istruttoria di Concessione Demaniale Marittima ai sensi dell'art. 36 del Codice Della Navigazione, in cui hanno espresso parere circa 30 enti, nessuno dei quali è risultato negativo o ostativo.

La società ha quindi proceduto con l'avanzamento dell'istanza di Valutazione di Impatto Ambientale (D. Lgs 152/2006), basata sullo Studio d'Impatto Ambientale e del Progetto con livello di approfondimento Definitivo, dei quali questo documento risulta parte.

1.1 Scopo e struttura del documento

La presente relazione ha l'obiettivo di descrivere nel dettaglio le attività necessarie per l'installazione e il *commissioning* delle opere ricomprese nel Progetto Agnes Romagna 1&2.

Di seguito si descrive la struttura del documento:

- nel capitolo 2, si descriveranno le aree individuate nel Porto di Ravenna (definito come “*marshalling harbour*”) per lo stoccaggio dei componenti e l'assemblaggio delle opere
- nel capitolo 3 e 4, si descriveranno le operazioni dei cantieri offshore
- nel capitolo 5 e 6, si descriveranno le operazioni dei cantieri onshore
- nel capitolo 7, si descriveranno con più dettaglio le tempistiche e le limitazioni delle operazioni offshore

1.2 Revisioni effettuate del documento

Si avvisa il lettore che il presente documento rappresenta la revisione 01 rispetto al documento precedentemente trasmesso al MASE in sede di istanza di VIA. La revisione si è rilevata necessaria in seguito alle richieste di integrazione della CT PNRR-PNIEC, in particolare la 1.2.f. Di seguito, si indicano le principali revisioni effettuate:

- a) Modifica delle distanze di sicurezza in fase di costruzione
- b) Modifica minima del layout del parco Romagna 1
- c) Aggiunta del capitolo 7 e relative appendici per illustrare nel dettaglio le tempistiche, i mezzi e le condizioni meteomarine in fase di installazione per ogni tipologia di opera e componente.



In merito al punto b), si avvisa il lettore che nella presente relazione saranno presenti alcune mappe e inquadramenti con il layout precedente. Il layout nell'immagine seguente sostituisce in toto quello presente nelle mappe presenti in questa relazione.

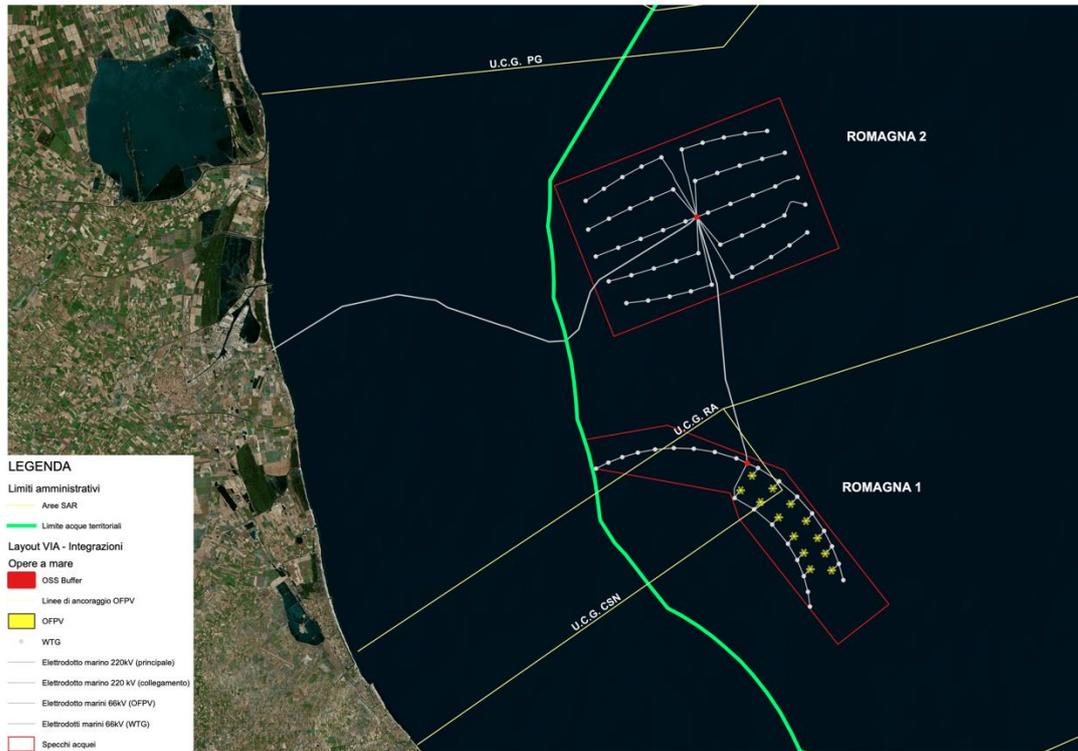


Figura 1: Nuovo layout del comparto offshore

1.3 Ubicazione geografica

L'hub energetico proposto è generalmente localizzato nell'Italia del Nord Est, in area sia marina che terrestre. Nei paragrafi successivi si propone una descrizione delle due aree con una sintesi delle opere destinate all'installazione.

1.3.1 Area marina

Il progetto a mare prevederà l'installazione di opere che insistono su due aree che, in continuità con quanto indicato dal Portale SID del MIMS, si definiscono come specchi acquei, suddivisi in Romagna 1 e Romagna 2.

- Romagna 1 è lo specchio acqueo più a sud, con baricentro indicativo avente coordinate Lat. 323990 - Long. 4912671 (WGS84 UTM 33N). Ospiterà n. 25 aerogeneratori da 8 MW cada uno, n. 1 impianto fotovoltaico galleggiante da 100 MW e n. 1 sottostazione elettrica di trasformazione da 66/220 kV.



- Romagna 2 è lo specchio acqueo più a nord, con baricentro indicativo avente coordinate Lat. 318158 - Long. 4935837 (WGS84 UTM 33N). Ospiterà n. 50 aerogeneratori da 8 MW cada uno e n. 1 sottostazione elettrica di trasformazione da 66/220 kV.

Dal punto di vista amministrativo, l'area marina coinvolta da tali specchi acquee è localizzata nel Mar Adriatico Settentrionale italiano, e giace tra il limite delle acque territoriali e la linea della piattaforma continentale che separa Italia e Croazia.

Entrambi gli specchi acquee sono quindi interamente oltre le 12 miglia nautiche (circa 20 km) di distanza dal litorale emiliano-romagnolo, con le rispettive proiezioni sulla costa che si estendono da Casalborgsetti (RA) a Cervia (RA).

Le aree SAR (Search And Rescue) interessate da Romagna 1 e Romagna 2 sono principalmente sotto la competenza della U.G.C. di Ravenna, e in minor misura sotto quelle di Cesenatico e Rimini.

Inoltre, saranno interessate anche le acque territoriali per l'installazione di n. 2 cavi elettrici da 220 kV che trasmetteranno l'energia dalla sottostazione elettrica di Romagna 2 all'area terrestre. L'intero tracciato della coppia di cavi sarà all'interno dell'area SAR di competenza della U.C.G. di Ravenna.

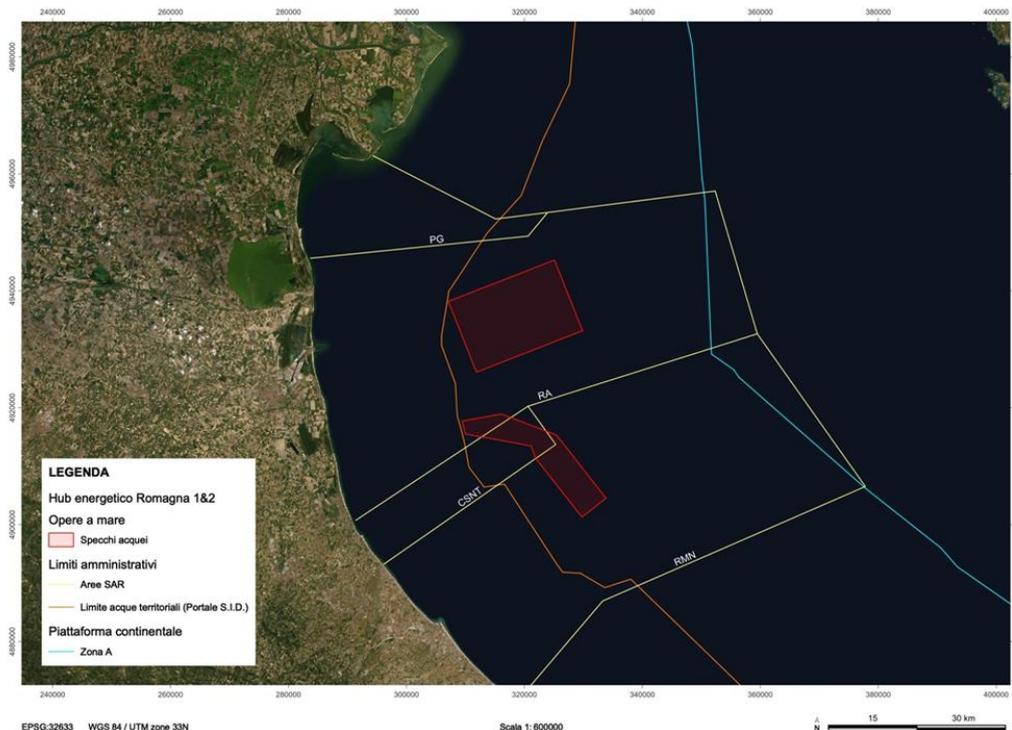


Figura 2: Individuazione delle aree a mare di Romagna 1 & 2



1.3.2 Area terrestre

L'area terrestre coinvolta dal Progetto riguarda l'installazione di una serie di impianti e opere di connessione che avverrà nella sua totalità entro i confini del Comune di Ravenna, nella regione Emilia-Romagna.

Il pozzetto di giunzione, identificato come **"Area di Approdo"**, è previsto in un parcheggio a circa 250 metri della spiaggia di Punta Marina (RA) nei pressi di Viale delle Sirti. Da lì, una coppia di cavi terrestri 220 kV giungerà fino alla zona portuale, a sud della Piallassa del Piomboni.

La zona portuale, identificata come **"Agnes Ravenna Porto"**, è ricompresa fra Via Trieste, Via Piomboni e Via Fiorenzi Francesco ed è destinata ad ospitare le tre seguenti opere:

- N. 1 sottostazione elettrica di trasformazione 220/380 kV;
- N. 1 impianto di stoccaggio dell'elettricità tramite batteria da 50 MW/100MWh;
- N. 1 impianto di produzione di idrogeno verde fino a 60 MW, con annessi sistemi per la compressione e stoccaggio del gas.

Vi sarà una linea a 380 kV uscente dall'area Agnes Ravenna Porto che attraverserà la città di Ravenna nei lati NE e N, per giungere allo stallo disponibile presso la Stazione Elettrica di Terna "Ravenna Canala", in località di Piangipane (RA). Tale area è denominata **"Punto di Connessione alla RTN"**.

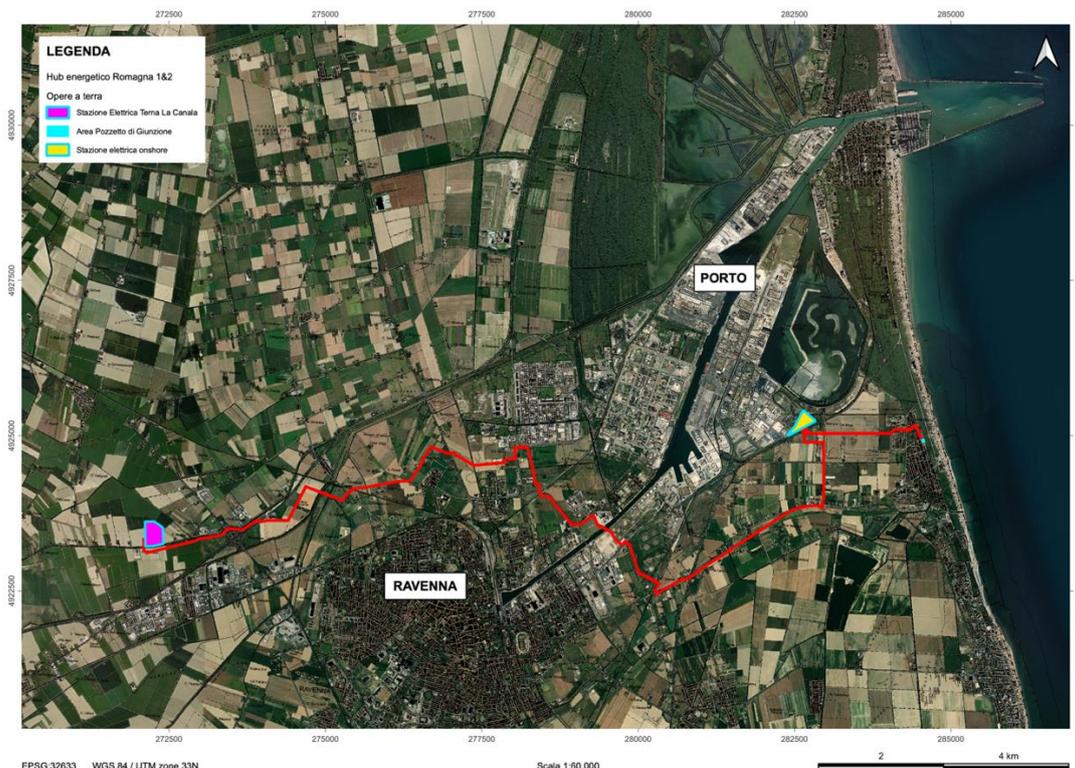


Figura 3: Individuazione delle aree interessate dalle opere terrestri di Agnes Romagna



1.4 Caratteristiche essenziali e sintesi delle opere previste

L'hub energetico di Agnes Romagna 1&2 è composto da più sistemi integrati l'uno con l'altro per garantire la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e idrogeno verde, con l'annessione di sistemi per stoccaggio di elettricità a batterie. La sua unicità non è relativa solo alle singole tecnologie, certamente innovative, ma anche all'integrazione di esse. Le sinergie tra le varie tipologie di impianti sono maggiormente comprensibili dallo schema generale del Progetto, rappresentato in maniera stilizzata nella seguente figura.

Come si può evincere dallo schema stilizzato, la produzione elettrica da fonti rinnovabili verrà garantita a mare da due impianti eolici e un impianto fotovoltaico galleggiante, che grazie alle opere di connessione verrà trasmessa fino alla zona portuale di Ravenna. Lì, l'elettricità potrà essere in parte utilizzata per lo stoccaggio in batterie, in parte per la produzione di idrogeno verde oppure continuare la sua trasmissione fino al punto di connessione con la RTN, individuato nella stazione Terna "Ravenna Canala" a Piangipane (RA).

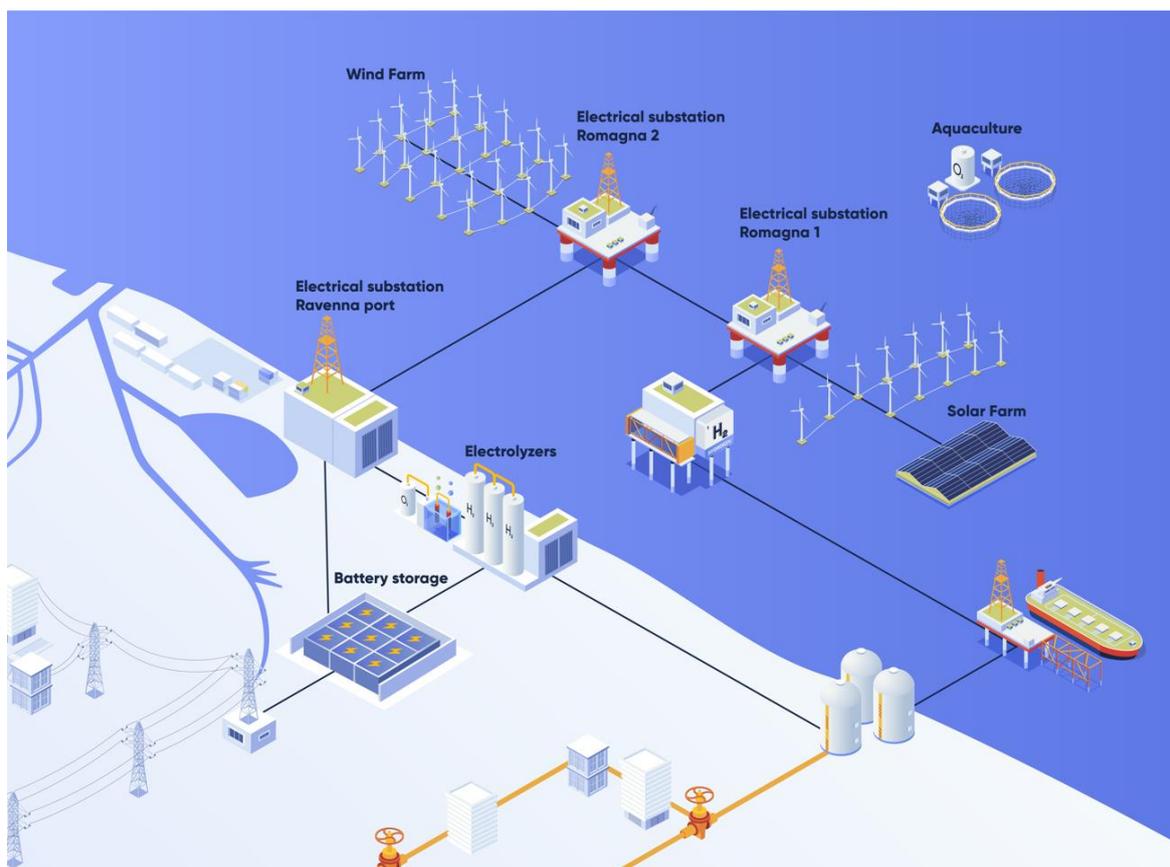


Figura 4: Schema stilizzato dell'hub energetico Romagna 1&2

L'elettricità, quindi, viene prodotta e trasmessa a terra per tre diverse finalità tra loro non mutualmente esclusive:



- immissione nella Rete di Trasmissione Nazionale;
- stoccaggio in sistemi di immagazzinamento con batterie agli ioni di litio;
- produzione di idrogeno verde per mezzo del processo di elettrolisi.

La previsione di sistemi che possono assorbire l'elettricità prodotta, stoccandola in batterie o convertendola in idrogeno, rende più facile il contrasto del comune problema delle energie rinnovabili, ovvero la loro intermittenza e il conseguente stress generato sulle reti. L'immissione di elettricità nella RTN potrà quindi essere garantita con maggiore affidabilità, efficienza e continuità rispetto ad un impianto eolico o fotovoltaico *stand alone*.

N. 75 aerogeneratori da 8 MW per una capacità complessiva di 600 MW, altezza hub fino a 170 metri e dimensioni del rotore fino a 260 metri.

La tipologia di aerogeneratori presentata possiede caratteristiche fisiche e tecnologiche nominali, che non fanno riferimento ad una specifica macchina selezionata ma si basano su dimensioni/ grandezze limite e su potenze installate che trovano un riscontro concreto su alcune tipologie di aerogeneratori che saranno commercializzate e sui futuri sviluppi di macchine applicabili in siti con medio-bassa ventosità media e con eventi meteorologici estremi in linea con l'area di Progetto.

N. 1 impianto fotovoltaico di capacità complessiva 100 MW, su strutture galleggianti con ormeggi ancorati al fondale.

L'impianto fotovoltaico galleggiante si basa su diverse strutture modulari che possono essere collegate in serie e suddivise in diversi impianti per andare a comporre i 100MW totali. Le tecnologie potenzialmente applicabili per il Progetto sono state analizzate e in fase di progettazione esecutiva verrà selezionata la tecnologia più appropriata.

Elettrodotti marini da 66 kV

Gli elettrodotti di interconnessione elettrica hanno lo scopo di collegare in serie gli aerogeneratori e le piattaforme di fotovoltaico galleggiante per trasmettere l'energia dagli impianti di produzione alle due sottostazioni di trasformazione offshore.

N. 2 sottostazioni elettriche di trasformazione offshore 66/220 kV

Le due sottostazioni di conversione elettrica offshore hanno la funzione di innalzare la tensione dell'energia trasmessa da 66 kV a 220 kV tramite trasformatori (n°1 nella sottostazione di Romagna 1 e n°2 nella sottostazione di Romagna 2), i reattori per la compensazione di potenza reattiva, i sistemi GIS, le apparecchiature ausiliarie, quadri elettrici, quadri strumentali, quadri di controllo e stanze con la finalità di "rifugio temporaneo" quindi adibite per ospitare personale.



Elettrodotti marini da 220 kV

Le linee di elettrodotti export da 220 kV si suddividono nel corridoio di collegamento che connette la sottostazione di Romagna 1 con la sottostazione di Romagna 2 ed il corridoio principale che connette la sottostazione di Romagna 2 alla buca giunti di transizione terra-mare coincidente con l'area di approdo, con la parte finale di trasmissione elettrica export realizzata in modalità "trenchless" senza l'utilizzo di scavi a cielo aperto ma tramite HDD (*Horizontal Directional Drilling*).

N. 1 pozzetto di giunzione

Il pozzetto di giunzione sorge in area di parcheggio pubblico a 250 metri circa dalla zona costiera, ed ospita la vasca giunti per la transizione tra cavidotti terrestri e cavidotti marini. I cavidotti marini bypassano le scogliere frangiflutti, l'area costiera, il progetto di Parco Marittimo e l'area di pineta marittima per raggiungere i giunti di transizione terra-mare.

Elettrodotti terrestri da 220 kV

Il tracciato dei cavi interrati a 220 kV parte dalla buca giunti posta in area di parcheggio pubblico, località Punta Marina, ed arriva alla Stazione Elettrica di Trasformazione 220/380 kV di nuova realizzazione in area Agnes Ravenna Porto. I cavidotti interrati si compongono di due linee trifasi con tre cavi unipolari per linea installati in piano, con limitazioni sulle singolarità riscontrabili lungo il tracciato che richiedono una posa all'interno di tubi in corrispondenza di sottopassi posa con trivellazione controllata (TOC).

N. 1 sottostazione elettrica di trasformazione onshore 220/380 kV

La realizzazione della nuova sottostazione elettrica di trasformazione è necessaria a ricevere, a mezzo cavi export terrestri a 220 kV, provenienti dalla buca giunti terra-mare, l'energia generata dagli impianti eolici e fotovoltaico e trasferirla, previa elevazione alla tensione di 380 kV, mediante cavi export terrestri a 380 kV alla Stazione Elettrica Terna "La Canala", individuata come punto di connessione alla RTN. La sottostazione si compone di tre autotrasformatori trifase di potenza 220/380 kV 400MVA, due trasformatori trifase di potenza 220/35 kV 125 MVA, sei reattori unipolari 220 kV 40 MVAR, tre reattori unipolari 380 kV 60 MVAR, due resistori di neutro trasformatore 220/35 kV.

N. 1 impianto di stoccaggio dell'elettricità per mezzo di batterie

L'impianto di stoccaggio di energia elettrica da 50MW/200MWh garantisce un accumulo di energia che può essere utilizzato sia al servizio del capacity market per la stabilizzazione della Rete Nazionale sia per garantire un polmone di energia all'impianto di produzione idrogeno verde.



N. 1 impianto di produzione, compressione e stoccaggio di idrogeno verde

L'impianto di idrogeno gode di una connessione diretta con la sottostazione di trasformazione e quindi con gli impianti di produzione offshore, garantendo la produzione di idrogeno verde tramite un impianto di elettrolizzatori fino a 60 MWe ed il relativo impianto di stoccaggio dell'idrogeno con capienza massima di circa 16 tonnellate.

Elettrodotti terrestri da 380 kV

I cavi interrati a 380 kV partono dalla sottostazione elettrica di trasformazione 220/380 kV di nuova realizzazione, per giungere alla stazione elettrica Terna "La Canala". I cavidotti interrati si compongono di una linea trifase con tre cavi unipolari installati in piano, con limitazioni sulle singolarità riscontrabili lungo il tracciato che richiedono una posa all'interno di tubi in corrispondenza di sottopassi posa con trivellazione controllata (TOC).



2. INDIVIDUAZIONE DEL PORTO DI RIFERIMENTO E DELLE BASI LOGISTICHE

Durante la fase di installazione dell'hub energetico Agnes Romagna sarà necessario disporre di più basi in una zona portuale come supporto logistico per tutte le operazioni di stoccaggio, assemblaggio, carico e trasporto. Per quanto riguarda gli impianti previsti a mare, sarà necessaria la definizione dell'area che, come di consueto nei progetti infrastrutturali in ambienti offshore, viene comunemente denominata "*marshalling harbour*". La sua importanza critica risiede nella possibilità di ottimizzare l'ingegneria esecutiva e l'ingegneria costruttiva di Progetto e garantire che i cantieri possano operare nel rispetto dei cronoprogrammi e delle misure di sicurezza.

Per un progetto complesso e diversificato come quello oggetto del presente documento, è necessario e fondamentale considerare sin da subito la "*constructability*" degli impianti, termine che raggruppa tutte le attività progettuali volte alla riduzione degli sprechi in termini di tempi e costi. Soprattutto per le attività offshore, dove il rispetto delle tempistiche e la diminuzione della percentuale di errore e dell'inefficienza è fondamentale per non avere ritardi, associati, tra l'altro, a costi molto impattanti derivanti dall'inattività delle imbarcazioni e del personale, nonché alla posticipazione di tutte le attività successive. A questo proposito è importante, sin dagli studi di fattibilità e dalla progettazione concettuale, considerare aspetti sulla "costruibilità/edificabilità" degli impianti. Tale concetto indica la facilità di costruzione tramite l'individuazione di tutti gli step all'interno del processo di costruzione fino al commissioning degli impianti e delle potenziali complicazioni o ostacoli che potrebbero sorgere nelle fasi costruttive. Valutazioni sulla "*constructability*" sono necessarie per ridurre o prevenire complicazioni, ritardi e costi extra, semplificando ed efficientando la fase costruttiva e pianificando in maniera adeguata il Progetto nelle fasi di progettazione, approvvigionamento e operazioni di campo richieste.

Il *marshalling harbour* individuato per il Progetto è il porto di Ravenna, che fungerà quindi da base logistica per far transitare materiali, mezzi e personale impiegato per tutte le attività previste, con spazi dedicati per gli uffici necessari alla gestione delle operazioni ed al controllo, incluse sale riunioni, spogliatoi e servizi igienici. Inoltre, saranno previsti magazzini per lo stoccaggio e la movimentazione di componenti, di pezzi di ricambio (*spare parts*) e per la gestione dei rifiuti. Le aree dovranno necessariamente disporre anche di una banchina d'attracco per le imbarcazioni, dirette o provenienti dagli impianti offshore del Progetto.



Figura 5: Aree di supporto al progetto Agnes Romagna, all'interno del Porto di Ravenna

Per quanto appena descritto, la proponente ha preliminarmente individuato tre aree all'interno del Porto di Ravenna (evidenziate nella figura sovrastante).

Per facilità di comprensione, le aree saranno così suddivise e denominate:

1. "Penisola Trattaroli" (in blu), per la logistica degli aerogeneratori, fondazioni incluse;
2. "Area Piomboni" (in verde), per la logistica delle sottostazioni elettriche;
3. "Area San Vitale" (in rosso), per la logistica dell'impianto fotovoltaico galleggiante.

L'individuazione delle tre basi logistiche è avvenuta a seguito di un lungo screening delle aree disponibili in zona portuale ravennate e hanno impiegato il proponente in numerosi colloqui con le aziende del Porto. Ai fini della loro individuazione, sono stati adottati principalmente i seguenti criteri:

- Estensione idonea a seconda delle attività previste
- Ubicazione, per quanto possibile, più vicina all'avamposto
- Presenza di una banchina operativa
- Piani attuali e futuri di utilizzo che rendano le aree trasformabili in cantieri temporanei nei periodi indicati nel cronoprogramma di Progetto (documento AGNROM_EP-R_CRONOPROGRAMMA).



Le tre aree individuate rispettano tutti i criteri sopra elencati; tuttavia, in fase esecutiva di Progetto verranno consolidati gli spazi, gli usi effettivi e le tempistiche d'occupazione grazie al raggiungimento di specifici accordi con i rispettivi proprietari.

A livello generale, si evidenzia che, essendo il Porto di Ravenna ubicato di fronte ai parchi Romagna 1 e 2, ciò consente tragitti da e verso la base logistica di durata minore rispetto a quanto solitamente si può riscontrare in altri progetti eolici. Infatti, come si evince in figura sottostante, la distanza minima da Romagna 1 e 2 è rispettivamente 26,6 km e 28,5 km di cui 4,8 km in aree interne al porto. Questo rappresenta un vantaggio logistico che si traduce inevitabilmente in un vantaggio economico, anche per le importanti ricadute sull'economia locale.

Inoltre, il porto di Ravenna assicura ottimi collegamenti con il sistema stradale e su rotaia che facilitano il trasporto della componentistica e delle materie prime necessarie per le fasi costruttive.

Le aree individuate nel porto di Ravenna potranno garantire al Progetto le attività di costruzione, assemblaggio e stoccaggio necessarie per assicurare tempistiche rapide alla fase realizzativa.

Nei paragrafi successivi si descriveranno sinteticamente le caratteristiche delle tre aree individuate. Per il calcolo degli ingombri dei componenti, nonché tutte le attività previste di assemblaggio, trasporto e installazione, si rimanda ai successivi capitoli.

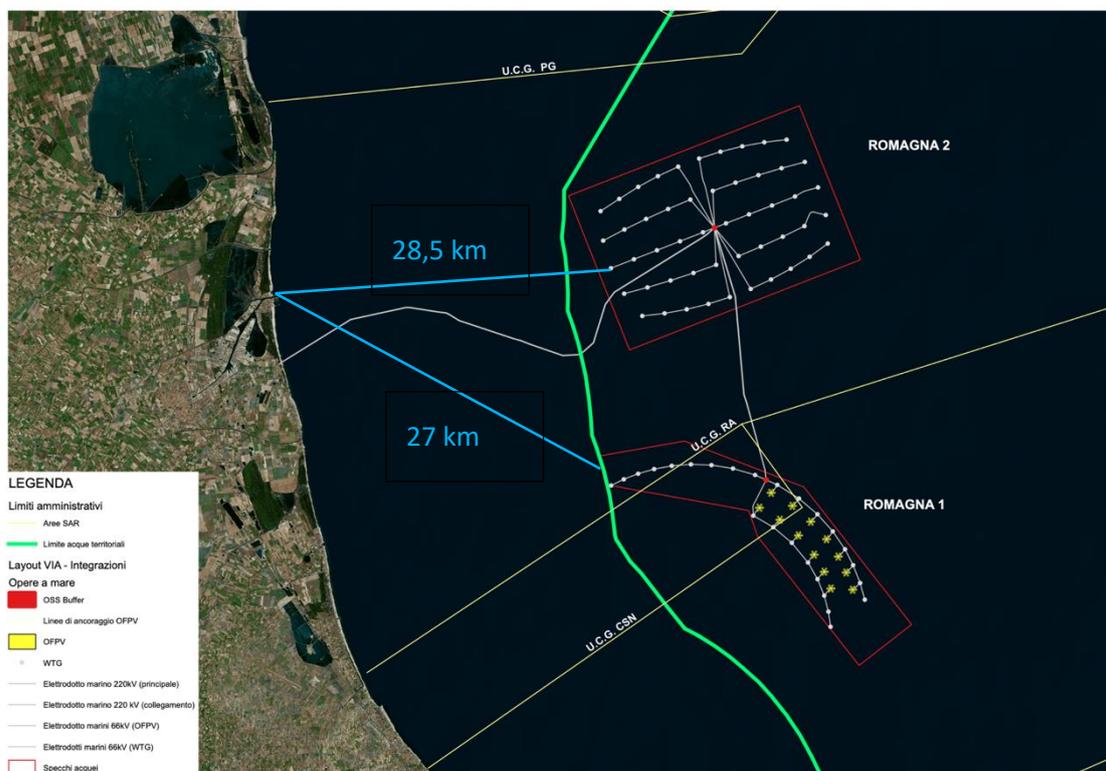


Figura 6: Distanze minime di percorso fra aree offshore dell'hub Agnes Romagna e il Marshalling harbour individuato



2.1 Penisola Trattaroli

La penisola Trattaroli separa il canale Candiano dall'accesso alla Pialassa dei Piomboni, ed è un'area di notevoli dimensioni che nella parte più a sud ospita una lunga banchina operativa e uffici o capannoni di diverse aziende, mentre nella parte più a nord risulta sgombra e non urbanizzata.

L'area individuata dalla Proponente è per l'appunto la porzione della penisola su cui ancora non esistono attività o costruzioni, delimitata dal perimetro blu nella figura seguente.

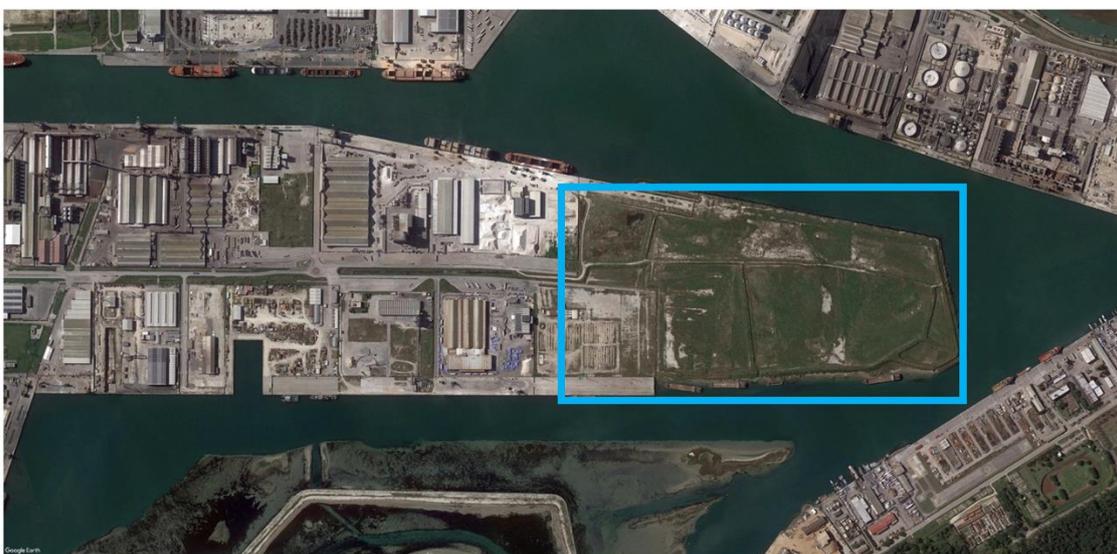


Figura 7: Porzione della penisola Trattaroli preliminarmente individuata

Attualmente l'area di interesse risulta in gestione del Gruppo SAPIR, che comunque ha ceduto l'area di sua proprietà (circa 29 ettari) alla AdSP di Ravenna. Il gruppo SAPIR gestisce in Darsena San Vitale il principale terminal operator del porto di Ravenna e uno dei più grandi in Italia, controlla il Terminal Nord SpA alla sinistra del Canale, specializzato in inerti, ed è proprietaria del 70% delle quote di TCR (Terminal Container Ravenna), il Terminal Container del porto, gateway strategico per lo scambio delle merci containerizzate.

La società proponente ha da lungo tempo avviato colloqui con il Gruppo SAPIR per la possibilità di utilizzare parte della Penisola Trattaroli per la base logistica in fase di costruzione (e anche manutenzione), così come per l'area "Agnes Ravenna Porto", destinata ad ospitare la sottostazione elettrica 220/380 kV e gli impianti di BESS e di idrogeno.

L'area preliminarmente individuata sarà soggetta ad interventi di modifica ed ammodernamento, come delineato dal Piano Urbanistico Attuativo "Trattaroli", approvato a settembre 2020. Nello specifico, il PUA Trattaroli concerne un'area di circa 37 ettari destinata prevalentemente ad attività di terminale, per la quale



saranno necessarie opere di dragaggio dei fondali per consentire imbarco e sbarco container e movimentazione auto e Ro-Ro.

Nello specifico, gli interventi principali previsti in Penisola Trattaroli saranno i seguenti (visualizzati in figura successiva):

- Piazzale container per settore automotive;
- Installazione di gru gommate per la movimentazione dei container;
- Polo nautico;
- Ammodernamento della banchina e costruzione sia lato Candiano che lato Piomboni di nuove banchine.



Figura 8: Interventi previsti nella Penisola Trattaroli con indicazione dell'area disponibile durante la fase di costruzione del Progetto Agnes Romagna 1&2 (Fonte: Gruppo SAPIR)

Tuttavia, è bene sottolineare che la maggioranza degli interventi previsti per la Penisola Trattaroli avranno luogo in fasi successive al periodo di cantiere necessario per il Progetto Agnes Romagna, così come emerso da interlocuzioni con il Gruppo SAPIR. Ciò garantisce l'utilizzo durante la fase di costruzione di uno spazio di circa 25-30 ettari, tratteggiato in verde in figura.

Le notevoli dimensioni dell'area e lunghezze delle banchine, nonché il posizionamento a cavallo tra il Canale Candiano e la Piazzale Piomboni, rendono questa area molto appetibile per la logistica relativa agli aerogeneratori e fondazioni, così come descritto nei successivi capitoli.



2.2 Area San Vitale

L'area risulta ubicata più a sud rispetto alla Penisola Trattaroli, all'interno della Pialassa dei Piomboni e si estende per circa otto ettari con geometria quadrata.

L'area è attualmente affittata dal Gruppo SAIPEM. Il proprietario è il Gruppo SAPIR.

Come si evince dalla foto satellitare sottostante, l'area contiene almeno già due fabbricati da adibire parzialmente a magazzino ed un piazzale sul quale è possibile costruire e assemblare nuove strutture. Inoltre, dispone di circa 600 metri di banchina attrezzata, grazie alla quale è possibile eseguire operazioni di carico/scarico.

Per caratteristiche e dimensioni, l'area è stata individuata come base logistica ideale per l'impianto fotovoltaico galleggiante. Qui sarà quindi possibile eseguire le operazioni di assemblaggio delle piattaforme galleggianti e successivamente, tramite utilizzo di una gru, posizzarle direttamente in acqua e trasportarle verso il sito di installazione.

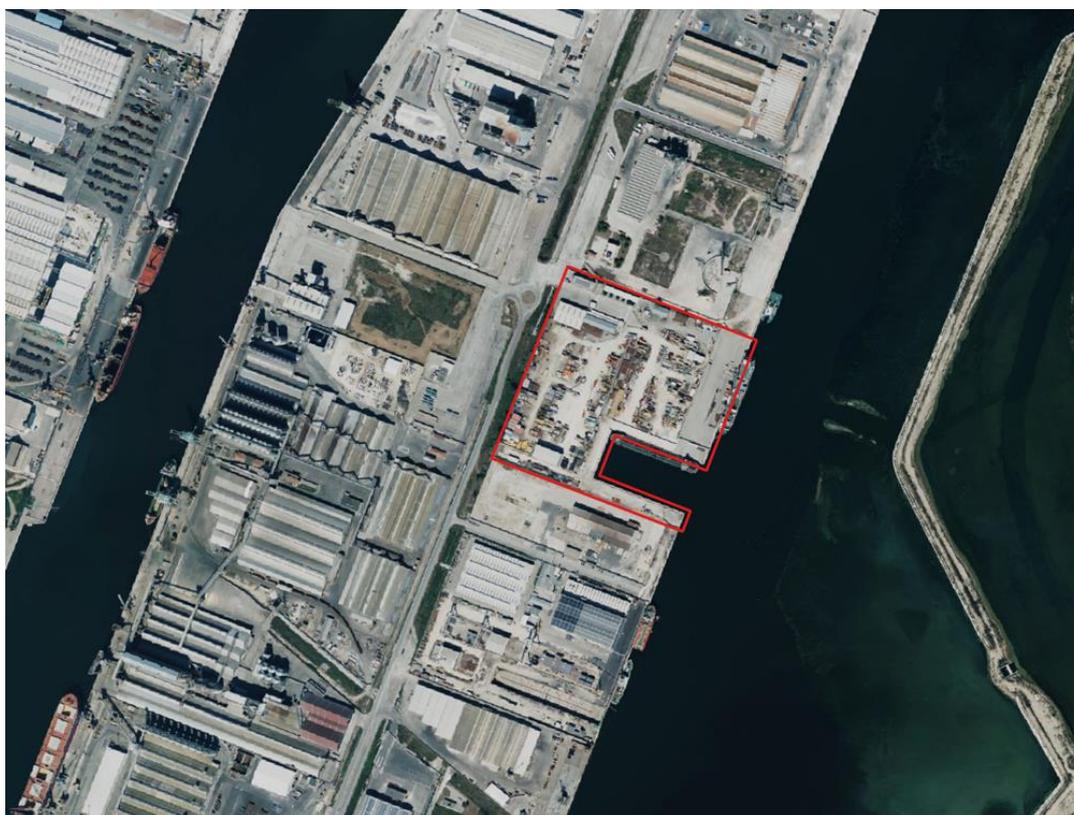


Figura 9: Foto da satellite dell'area San Vitale



2.3 Area Piomboni

L'area Piomboni è posizionata nel canale Piomboni (parte est), all'interno del porto di Ravenna. Copre un'area di quasi 10 ettari ed ha una banchina lunga 450 m, attrezzata per il sollevamento di carichi pesanti.

Attualmente l'area appartiene alla Rosetti Marino S.p.A., azienda operante nel settore offshore e specializzata nella costruzione di fondazioni, sottostrutture e *topside* per piattaforme a mare.



Figura 10: Foto da satellite dell'area Piomboni

Proprio in quest'area recentemente sono state costruiti e assemblati, per poi essere trasportati in siti di installazione in Nord Europa, strutture a *jacket* destinate a sottostazioni elettriche per progetti di eolico offshore e *topside*s molto complessi e di dimensioni importanti nell'ambito oil&gas.

Essendosi l'area già prestata a questo tipo di operazioni, è stata individuata come possibile sito di costruzione e stoccaggio delle fondazioni delle sottostazioni di conversione offshore, nonché assemblaggio dei *topside*. Da qui saranno poi caricate e trasportate come descritto al Capitolo 4.3.



La profondità nella zona della banchina è di 9.50 m e si eleva al di sopra del livello del mare per 2.20 m. L'accesso alla banchina è possibile per imbarcazioni con un pescaggio massimo di 6 m.



Figura 11: Dettagli dello "Yard Piomboni" Rosetti Marino

Questo cantiere viene utilizzato per il montaggio e il carico su chiatte di grandi strutture, moduli, P.A.U., navi, colonne, gru o componenti di impianti destinati alla terraferma o a cantieri esteri, si estende su una superficie di circa 104.000 m²; dispone di una banchina lunga 450 metri, attrezzata per lavori marittimi e in grado di sopportare carichi pesanti. Il livello superiore della banchina è di 2,20 metri al di sopra del livello medio del mare. Il cantiere dispone di officine di prefabbricazione di tubazioni, di un'ampia area di assemblaggio, di impianti di sabbatura e verniciatura coperti, di aree di montaggio aperte, di magazzini riscaldati e di uffici per gli operatori di cantiere.

2.4 Altre facilities

Ulteriori cantieri e strutture presenti in area portuale del Porto di Ravenna potranno essere a disposizione per costruzione e assemblaggio di componentistica e sistemi previsti all'interno del Progetto.

In maniera non esaustiva si possono citare gli ulteriori cantieri di Rosetti Marino SpA, F.lli Righini S.r.l., Marcegaglia, Setramar e altre realtà presenti localmente, come ad esempio la società Micoperi, che attraverso il loro *know-how* potranno apportare il loro contributo durante la fase costruttiva.



Figura 12: Facilities di Rosetti Marino a Ravenna

In area limitrofa agli uffici e alla sede principale di Rosetti Marino, è presente il sito destinato alla produzione di elementi da fabbricare o prefabbricati che vengono poi assemblati nei cantieri; l'officina di fabbricazione comprende 7800 m², mentre l'area del magazzino aperto e le altre strutture coprono oltre 17.000 m².

Un'ulteriore area costruttiva che potrà risultare idonea alle attività di costruzione sia per gli impianti eolici che, soprattutto, per la costruzione e l'assemblaggio degli impianti fotovoltaici galleggianti, è il cantiere di San Vitale, anch'esso situato nell'area del porto di Ravenna e facilmente accessibile via strada, ferrovia e mare. Ha una superficie totale di 70.000 m² con una superficie coperta di circa 17.000 m², disponendo di officine di prefabbricazione e meccaniche, di un grande capannone di montaggio dotato di carriponte mobili, di una banchina lunga 175 metri, con una profondità d'acqua di 7 metri, ed è quindi ideale per la spedizione di componenti di grandi dimensioni come le strutture galleggianti degli impianti fotovoltaici previsti da Progetto.



3. SICUREZZA NEI CANTIERI PER GLI IMPIANTI OFFSHORE

In tema di sicurezza, tra gli aspetti fondamentali da considerare in ogni fase critica del Progetto, comprensive le fasi preliminari o anche di studio, vi sono certamente l'ambiente, la salute e i luoghi di lavoro. Si sottolinea poi come tali aspetti siano da valutare anche in conseguenza alla modalità di esecuzione, agli attrezzi, alle macchine, alle apparecchiature, alle opere provvisorie e all'impiego di materie prime o prodotti vari.

Per garantire la sicurezza sui luoghi di lavoro (e di conseguenza dei dipendenti stessi) è necessario fare un'approfondita valutazione dei rischi in modo da trovare tutte le misure per una corretta prevenzione.

L'individuazione dei rischi per il progetto Agnes Romagna, e la descrizione della filosofia generale di sicurezza per l'hub energetico all'attuale stadio di progettazione sono consultabili nella relazione specifica con il codice AGNROM_EP-R_REL-SICUREZZA.

Nel pacchetto di documentazione integrativa, al fine di riscontrare ad una richiesta della CT PNRR-PNIEC, è stato incluso il Piano di emergenza, al quale si rimanda per la consultazione delle azioni da intraprendere (codice AGNROM_INT-R_PIANO-EME).

Inoltre, la società ha prodotto come riscontro una revisione alle aree proposta da interdire e limitare. In fase di installazione a mare, la società proponente ritiene legittimo osservare da parte di tutte le imbarcazioni e attività esterne al Progetto una distanza di 500 metri dai mezzi e delle opere in cantiere. Per maggiori informazioni si rimanda al capitolo 8 del documento AGNROM_INT-R_REL-INT.



4. ATTIVITÀ DI CANTIERE PER GLI IMPIANTI OFFSHORE

La fabbricazione di strutture offshore richiede cantieri specializzati con attrezzature di montaggio e saldatura per elementi di grandi dimensioni e pesi, come potrebbe essere la fondazione ed il topside delle sottostazioni.

Tipicamente la sequenza prevede la costruzione di grandi elementi piani in orizzontale, per poi assemblarli con elementi gemelli mediante operazioni di *roll up* eseguite con l'ausilio di gru dalle grandi dimensioni o con l'ausilio di gru e martinetti *strand jack*.

Per gli impianti eolici, in considerazione del peso e delle dimensioni, le fondazioni della tipologia monopalo saranno assemblate in posizione orizzontale e successivamente trasportate ed installate come descritto nei capitoli successivi. Nei casi alternativi come per la fondazione di tipo *jacket*, la struttura, una volta costruita in orizzontale, viene ruotata (operazione di *up-ending*) in cantiere per poi essere trasportata direttamente in verticale nella posizione finale.

Le varianti a quanto sopra sono numerose e dipendono dalle specifiche del progetto.

Nei capitoli successivi si descrive nel dettaglio, per ogni componente dell'hub energetico, lo svolgimento delle fasi di installazione e *commissioning*.

4.1 Impianto fotovoltaico

4.1.1 Stoccaggio e assemblaggio a terra

Per raggiungere un'efficienza ottimale per la fase di cantiere, una linea di assemblaggio che includa tutti i siti di stoccaggio per i container e lo spazio per gli spostamenti, richiederà almeno uno spazio di 60x120 m. La presenza di diverse strutture in area portuale e lati banchina già esistenti o in procinto di realizzazione con brevi tempistiche garantisce una importante opportunità per la buona riuscita delle fasi di costruzione e assemblaggio.

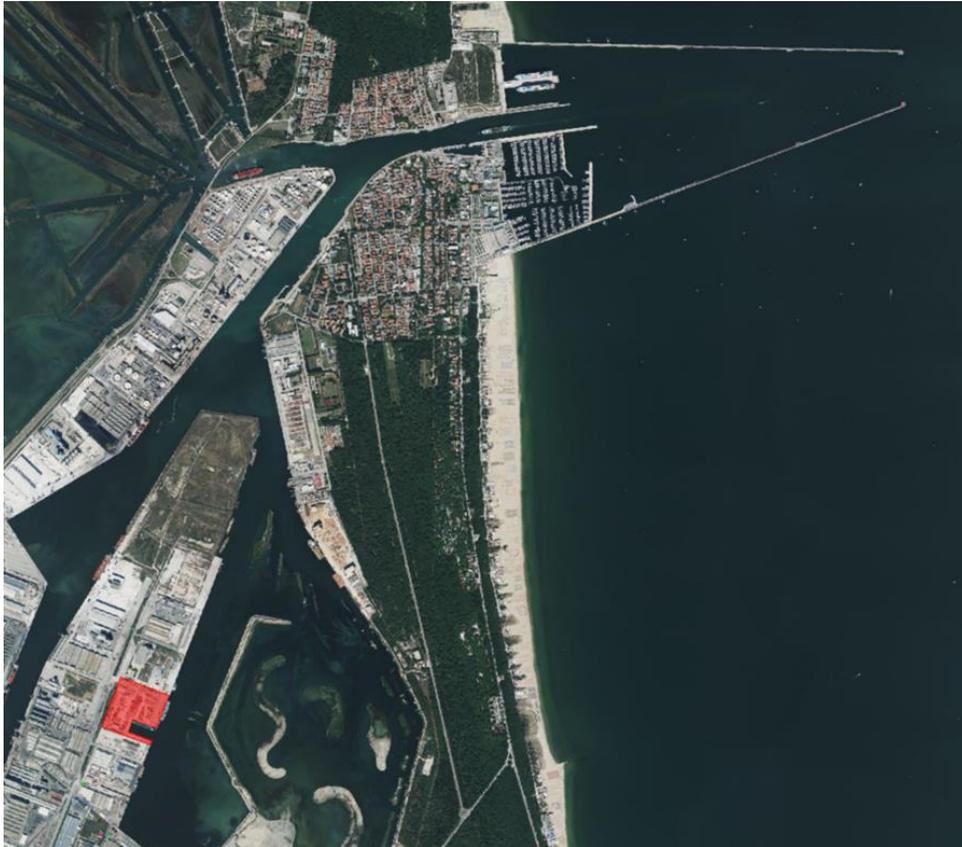


Figura 13: Vista da satellite dell'area portuale di Ravenna destinabile per la fase di costruzione dell'OFPV

La localizzazione del progetto in prossimità del porto di Ravenna garantisce un vantaggio tecnico-economico in fase di assemblaggio ed in fase di installazione. Il porto è infatti dotato di estese aree all'interno delle quali è possibile eseguire le operazioni di assemblaggio delle componenti delle piattaforme e successivamente, tramite l'utilizzo di una gru, posizionarle direttamente in acqua e trasportarle verso il sito di installazione.

L'assemblaggio delle piattaforme non richiede un cantiere apposito, ma può essere adottata una linea di assemblaggio temporanea chiamata "pop-up factory", la quale riduce sensibilmente il numero di personale necessario durante le operazioni. Le piattaforme vengono assemblate nelle aree disponibili delle banchine e, mediante l'utilizzo di una gru, posizionate in acqua dove saranno trainate da due rimorchiatori fino al sito. Si considera che ogni giorno vengano assemblate 3 piattaforme, ossia 250 kW di capacità di assemblaggio al giorno. Per ogni linea di assemblaggio è necessaria una squadra di circa 50-60 persone, divisa in gruppi di lavoro da 10 persone, impegnate rispettivamente nell'assemblaggio dei tralicci, delle piattaforme triangolari, dei pannelli fotovoltaici e, infine, dei galleggianti. Nel complesso, le tempistiche necessarie per completare l'assemblaggio dell'impianto da 100 MW sono comprese tra i 130 e i 400 giorni. La soluzione ottimizzata per assemblaggio ed installazione, al fine di ridurre i tempi, è di considerare 150/180 persone che operano su tre linee di assemblaggio in parallelo. La capacità di assemblaggio complessiva, in questo modo, è di 750 kW al



giorno circa, riducendo così il periodo di costruzione a 150 giorni. Tutti i componenti possono essere trasportati in container, con mezzi su strada, rotaie o con mezzi navali. Non ci sono requisiti speciali per il trasporto della componentistica che dovrà giungere al sito di assemblaggio.

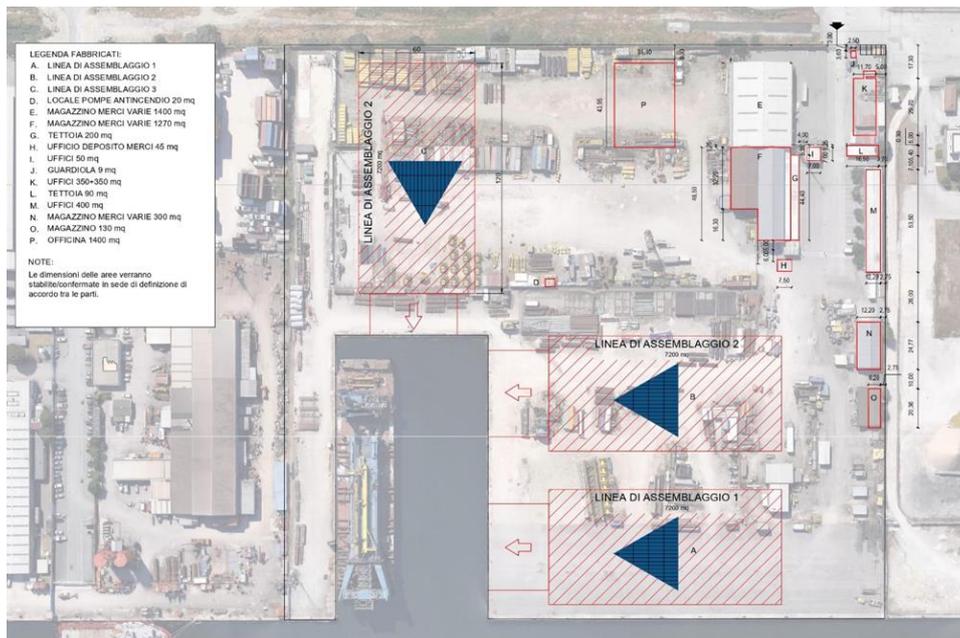


Figura 14: Area San Vitale per l'assemblaggio delle piattaforme triangolari

La banchina ha una superficie di circa 80.000 m² ed è in grado di ospitare tre linee di assemblaggio da 60x120 metri, oltre a uffici e magazzini per gli operatori. Si considerano due magazzini con capienza totale pari a 2670 m², sufficienti per ospitare i componenti di dimensioni più contenute come pannelli, giunti e bulloni. I galleggianti, di diametro 2.5 metri e altezza 10 metri sono stoccati in un'area sufficientemente grande per ospitare almeno 81 unità, che corrisponde al numero di galleggianti necessari per l'assemblaggio delle piattaforme per tre giorni consecutivi. È importante considerare che i numeri utilizzati per simulare una situazione di stoccaggio sono indicativi, si eseguiranno considerazioni più dettagliate una volta confermati i mezzi di installazione ed i fornitori.

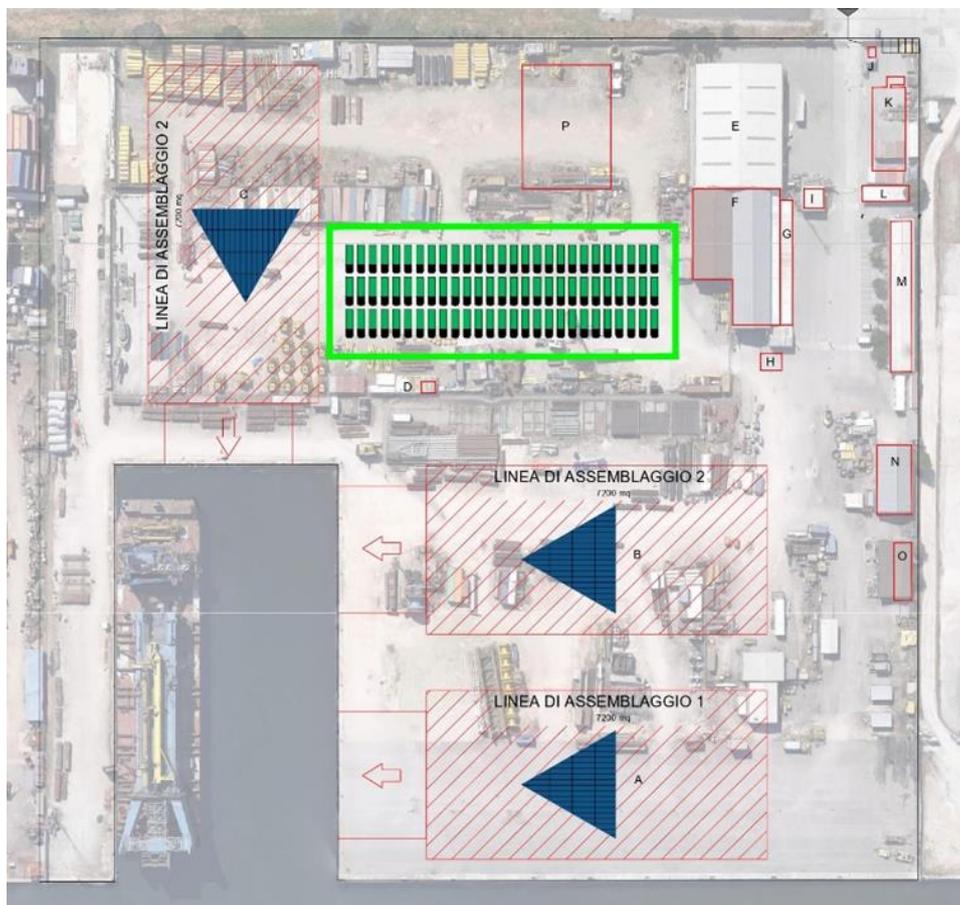


Figura 15: Ipotesi di stoccaggio di galleggianti



Figura 16: Installazione dei moduli fotovoltaici

4.1.2 Trasporto delle componenti dall'area di stoccaggio al sito di installazione

Le piattaforme triangolari assemblate vengono posate in acqua con l'utilizzo di carrelli di trasferimento.



Figura 17: Trasporto in acqua della piattaforma triangolare

Dopo la posa in acqua, le piattaforme vengono collegate in serie con cavi temporanei, per poi essere trasportate fino al sito di Romagna 1 da due rimorchiatori (*tugboats*); i rimorchiatori possono trainare fino a 4 piattaforme triangolari in un unico viaggio.



Figura 18: Trasporto piattaforma triangolare tramite rimorchiatori



La distanza del sito dalla banchina di partenza è di 41 km circa. Nel complesso, si prevede un periodo di 8 mesi per la conclusione dell'installazione dell'impianto fotovoltaico da 100 MW, cioè il trasporto di 96 piattaforme triangolari per ognuna dei 13 strutture esagonali.



Figura 19: Tragitto rimorchiatori per installazione piattaforme (circa 41km)



Figura 20: Foto di un rimorchiatore nel porto di Ravenna

I rimorchiatori hanno una lunghezza di 30 metri e una larghezza di 12 metri, con forza di tiro di circa 70-80 tonnellate. Le quattro strutture pesano circa 30 tonnellate ciascuna, per un totale di 120 tonnellate; per tale



ragione, è possibile il trasporto simultaneo di 4 piattaforme nel Porto di Ravenna. Si considera che la larghezza delle quattro piattaforme è di 45 metri e una lunghezza di circa 103 metri. La larghezza minima del canale portuale lungo il percorso è di 130 metri, quindi facilmente percorribile.

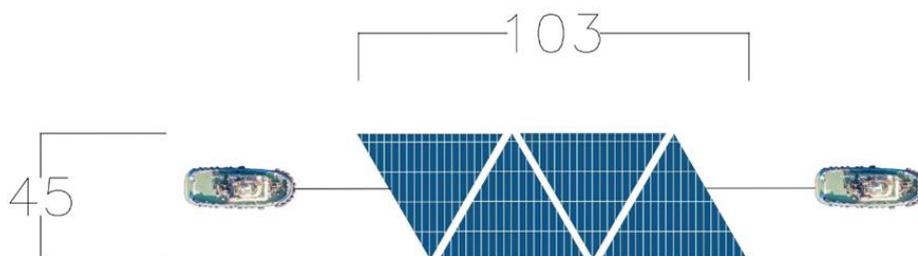


Figura 21: Rendering delle piattaforme in Progetto, rimorchiate

Di seguito è mostrato il porto di Ravenna e il percorso che i rimorchiatori dovranno effettuare. I segna-posti in figura rappresentano i tratti con maggior criticità, cioè i punti in cui il canale ha larghezza minore. Nelle immagini successive sono mostrate la rappresentazione in scala del trasporto delle quattro piattaforme con due rimorchiatori per ogni punto evidenziato.

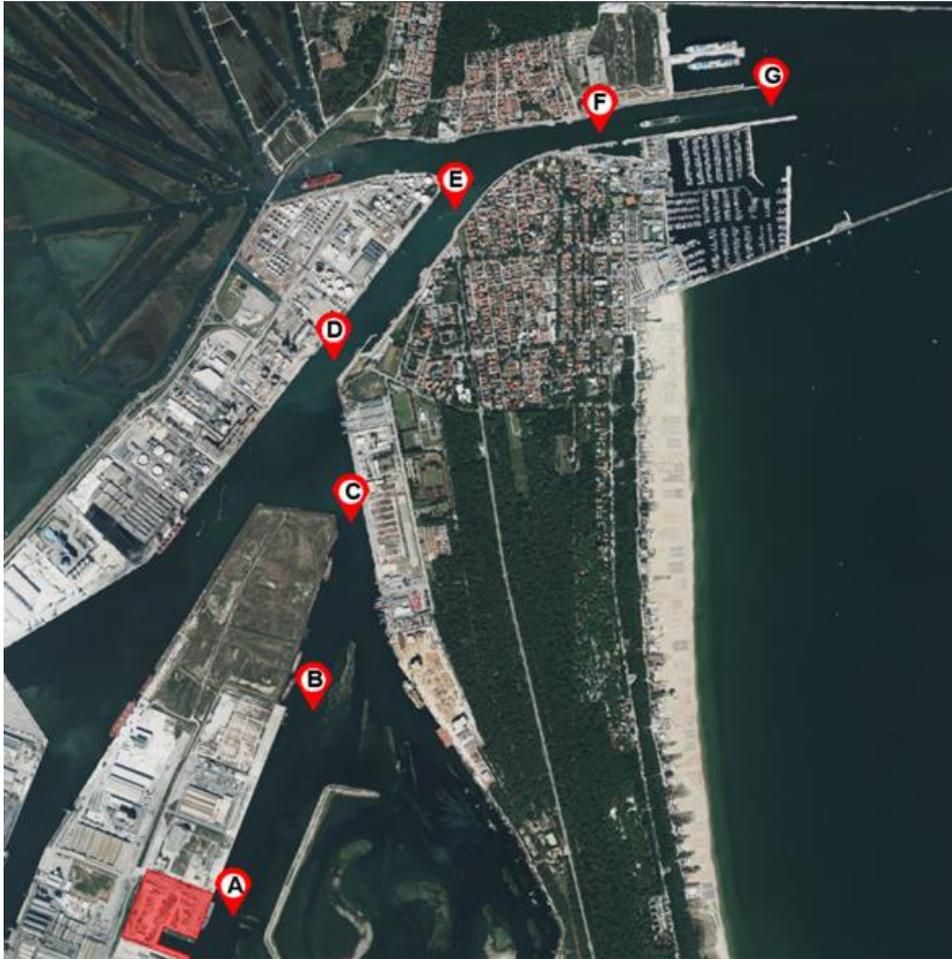


Figura 22: Sezioni di passaggio critiche del porto di Ravenna

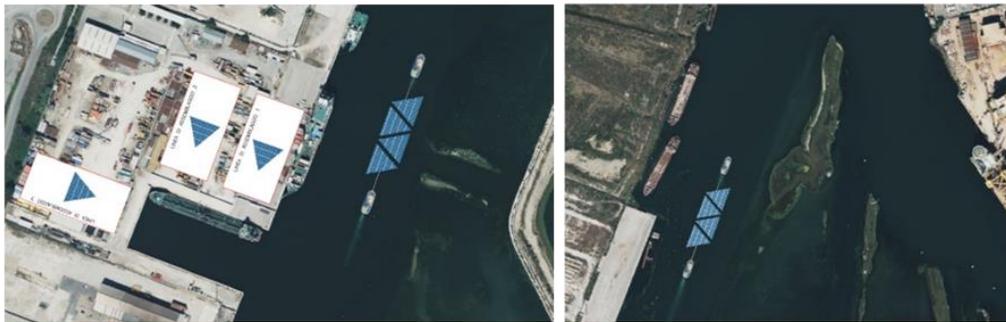


Figura 23: L'immagine di sinistra rappresenta il punto (A), a destra (B)

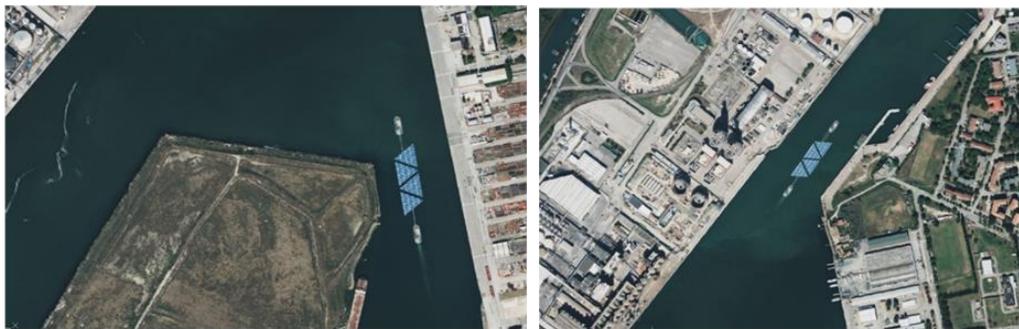


Figura 24: L'immagine di sinistra rappresenta il punto (C), a destra (D)

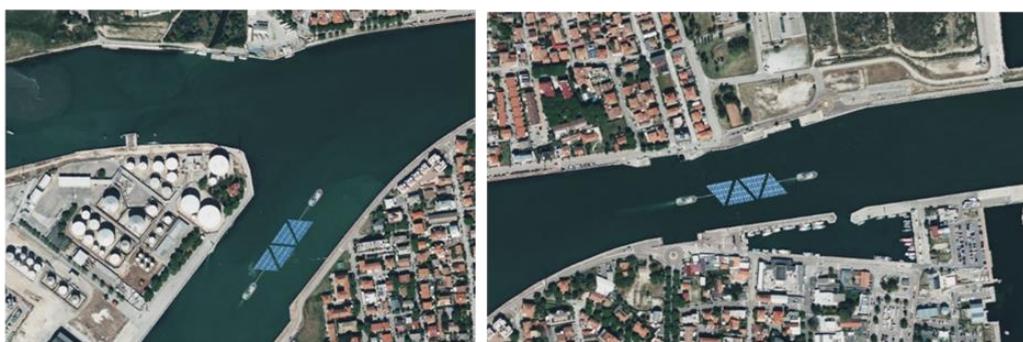


Figura 25 L'immagine di sinistra rappresenta il punto (E), a destra (F)

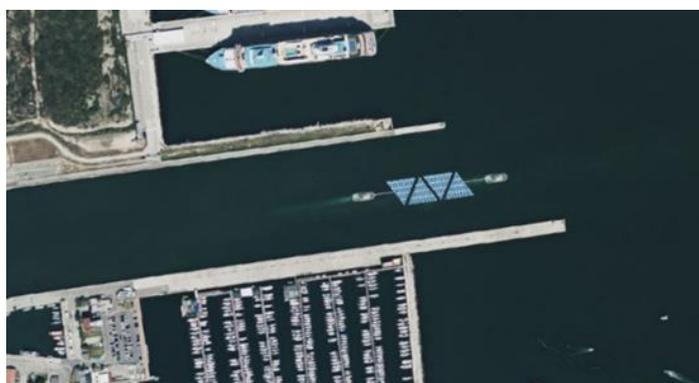


Figura 26: L'immagine rappresenta il punto (G)

4.1.3 Operazioni di installazione

Tutti gli ancoraggi di un singolo impianto dovranno essere disposti prima che le piattaforme arrivino al sito di installazione. Quando arriveranno le prime piattaforme triangolari, alcune saranno parzialmente fissate ad ormeggi permanenti, mentre altre saranno fissate ad ormeggi temporanei, i quali hanno la funzione di mantenere le cime permanenti in posizione e di garantire stabilità alle piattaforme. Con il successivo arrivo



e installazione di nuovi set di piattaforme, le linee di ormeggio temporanee verranno rilasciate e saranno sostituite da linee di ormeggio permanenti, ripetendo il procedimento fino alla completa installazione dell'impianto.

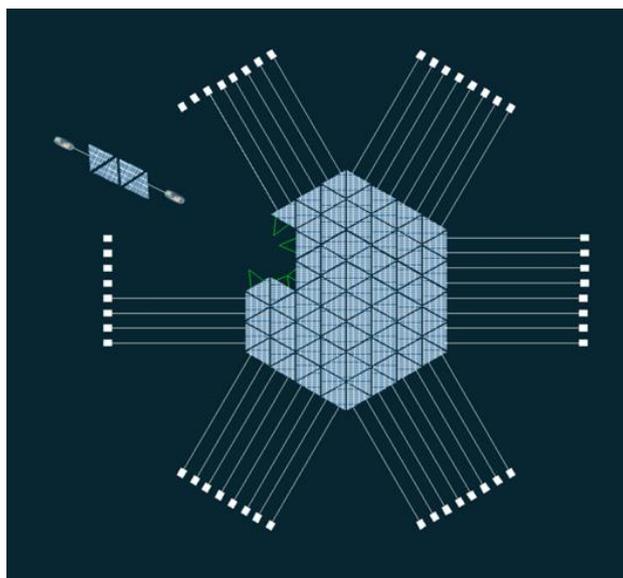


Figura 27: Cime permanenti (in bianco), cime temporanee (in verde) e ancore preinstallate

Le ancore e le cime di ormeggio possono essere installate con rimorchiatori classici, che possono installare circa 10-12 ancore al giorno; le cime di ormeggio e le ancore vengono preparate a terra e caricate sul rimorchiatore. Considerando 624 sistemi di ancoraggio totali, si prevede un periodo di almeno 63 giorni per il posizionamento delle ancore.



Figura 28: Installazione sistemi di ancoraggio in sito



4.2 Impianto eolico

4.2.1 Fabbricazione, stoccaggio e assemblaggio a terra

Le fondazioni a monopalo saranno fabbricate a terra in uno o più siti di fabbricazione ancora da identificare, per poi essere trasportati al Porto di Base (*marshalling harbour*) individuato nel porto di Ravenna, direttamente o attraverso un porto intermedio con uno dei seguenti metodi:

- Sigillatura delle estremità, galleggiamento e traino;
- trasporto su chiatte e/o nave da carico;
- trasporto sul ponte di una nave da installazione (jack up o heavy lift vessels).

Una volta giunti nelle aree adibite a stoccaggio, i monopali saranno sollevati tramite gru sulla nave che svolgerà l'installazione, e mantenuti in posizione verticale grazie a una pinza per pali situata sul ponte della nave.

Le fondazioni monopalo sono solitamente costituite principalmente da acciaio. Tuttavia, è possibile che alcune strutture secondarie, come corrimano, griglie e scale, possano essere realizzate con altri metalli, come l'alluminio, o con materiali compositi. Inoltre, si potrebbe utilizzare il calcestruzzo per formare la piattaforma di lavoro.

Il porto di riferimento per le operazioni di installazione dei componenti del parco eolico sarà il porto di Ravenna. Agnes avrà a disposizione un'area utilizzabile per lo stoccaggio e le fasi di load out delle chiatte di trasferimento. Tale area presenterà caratteristiche di profondità, spazi e mezzi adeguati, come descritto nel Capitolo 2.

Non sono, allo stato attuale del progetto, confermati i fornitori dei componenti e delle strutture dell'impianto eolico, ma ad ogni modo tutti gli elementi saranno fabbricati altrove, per poi essere trasportati dal luogo di fabbricazione al sito di stoccaggio nel porto di Ravenna. In tal modo saranno ridotti i tempi di stand-by durante le operazioni di installazione.

Nelle figure seguenti si riporta un esempio di disposizione organizzativa dell'area di stoccaggio, prendendo in riferimento la penisola Trattaroli (capitolo 2.1). È importante considerare che i numeri utilizzati per simulare una situazione di stoccaggio sono indicativi, si eseguiranno considerazioni più dettagliate una volta confermati i mezzi di installazione ed i fornitori.

Il criterio utilizzato nella disposizione degli elementi tiene in considerazione il metodo di installazione delle turbine eoliche, ovvero la turbina non sarà montata a terra e poi trasportata intera verso il sito, ma gli elementi saranno installati in sequenza, in campagne successive. Le fasi della sequenza di installazione nella prima campagna possono essere riassunte con quanto segue:



- Trasporto delle fondazioni ed elementi di transizione;
- Installazione della fondazione;
- Installazione dell'elemento di transizione.

In seguito, si procederà con l'installazione degli aerogeneratori:

- Trasporto delle torri, navicelle e pale;
- Installazione della torre;
- Installazione delle navicelle accoppiate con il rotore;
- Installazione delle pale.

Ciò permetterà di disporre componenti differenti di volta in volta ed ottimizzare l'area di stoccaggio.

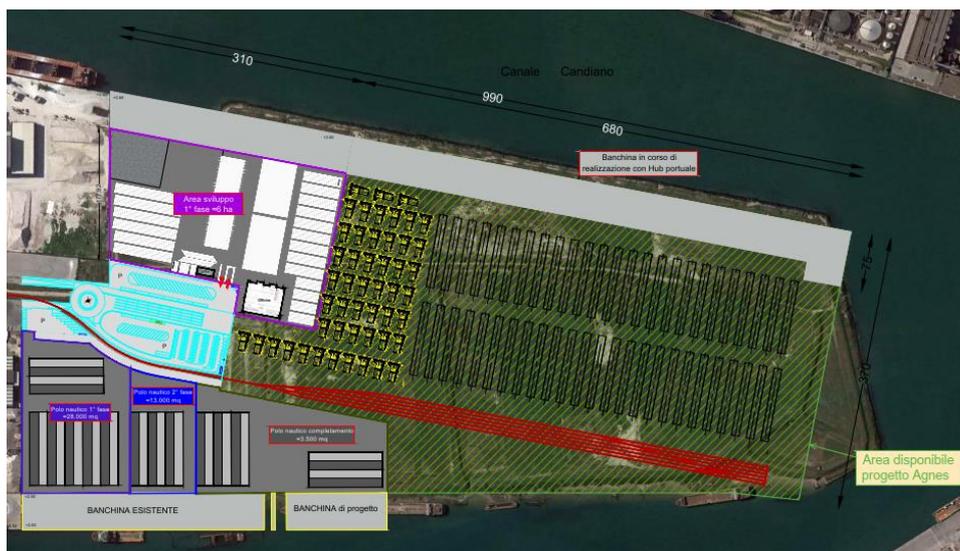


Figura 29: Ipotesi di stoccaggio: 50 monopali e 50 elementi di transizione in posizione orizzontale



Figura 30: Ipotesi di stoccaggio: monopali in posizione verticale



Figura 31: Ipotesi di stoccaggio: monopali ed elementi di transizione in posizione verticale



Figura 32: Ipotesi di stoccaggio: monopali in posizione orizzontale, jacket ed elementi di transizione in posizione verticale



Figura 33: Ipotesi di stoccaggio: monopali e componenti multipalo in posizione orizzontale, elementi di transizione in posizione verticale



Figura 34: Ipotesi di stoccaggio: monopali, torri e pale in posizione orizzontale, elementi di transizione in posizione verticale



Figura 35: Ipotesi di stoccaggio: monopali, torri e pale in posizione orizzontale, elementi di transizione in posizione verticale, jacket in posizione verticale

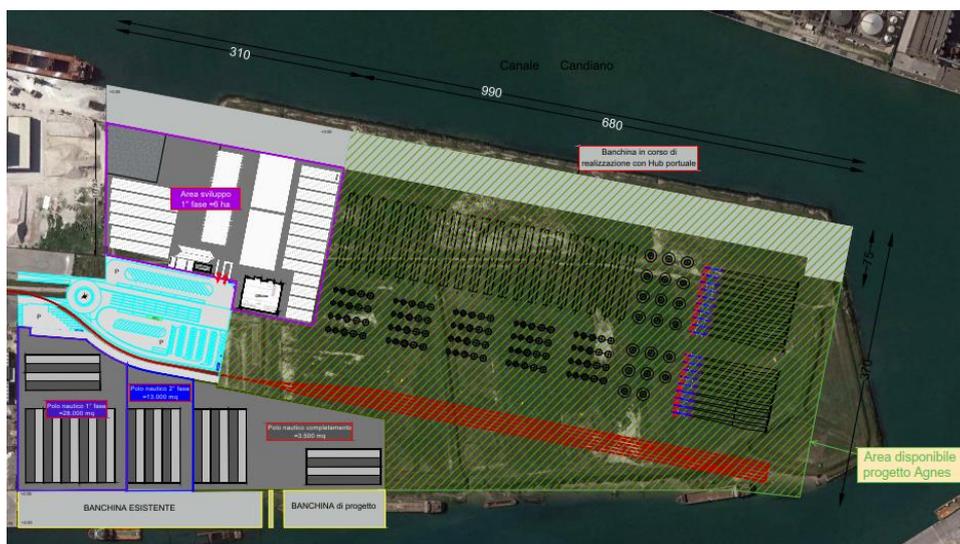


Figura 36: Ipotesi di stoccaggio: monopali e pale in posizione orizzontale, elementi di transizione e torri in posizione verticale



Figura 37: Ipotesi di stoccaggio: monopali in posizione verticale



Figura 38: Ipotesi di stoccaggio: monopali ed elementi di transizione in posizione verticale



Figura 39: Ipotesi di stoccaggio: torri e pale in posizione orizzontale, componenti multipalo, jacket in posizione verticale



Figura 40: Ipotesi di stoccaggio: torri in posizione orizzontale



Figura 41: Ipotesi di stoccaggio: torri e pale in posizione orizzontale



4.2.2 Trasporto delle componenti dall'area di stoccaggio al sito di installazione

Per il trasporto delle fondazioni monopalo dal porto verso il sito di installazione è necessario utilizzare una chiatte, trainata da un rimorchiatore di capacità adeguata. In alternativa i monopali possono essere posizionati con particolari sistemi di fissaggio sul ponte della nave, in caso si utilizzi una nave *jack-up* o una nave per carichi pesanti, dotate di ampio spazio sul ponte principale. Sarà possibile avere diverse configurazioni, trasportando solo i monopali o trasportando monopali e relativi elementi di transizione per poter eseguire la sequenza di installazione.



Figura 42: Distanze percorse dal porto di Ravenna ai siti di installazione Romagna 1 e Romagna 2

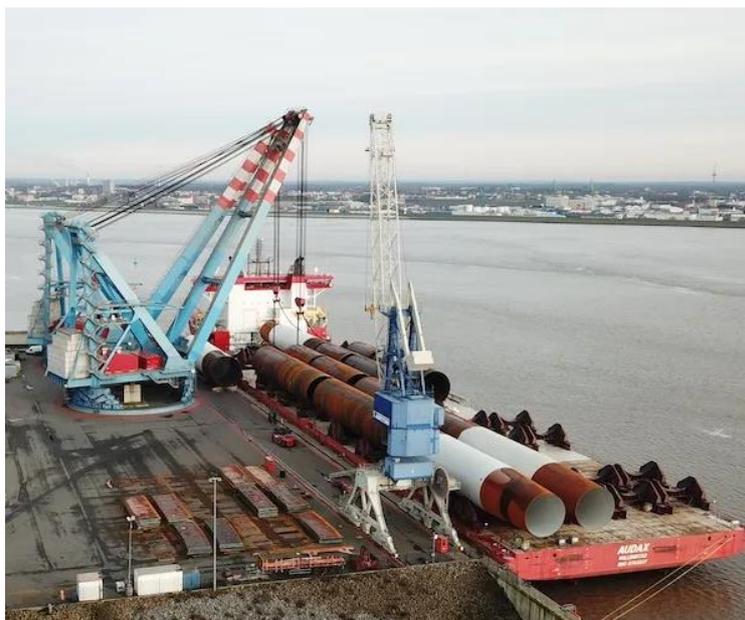


Figura 43: Operazioni di carico della nave HLV con fondazioni monopalo

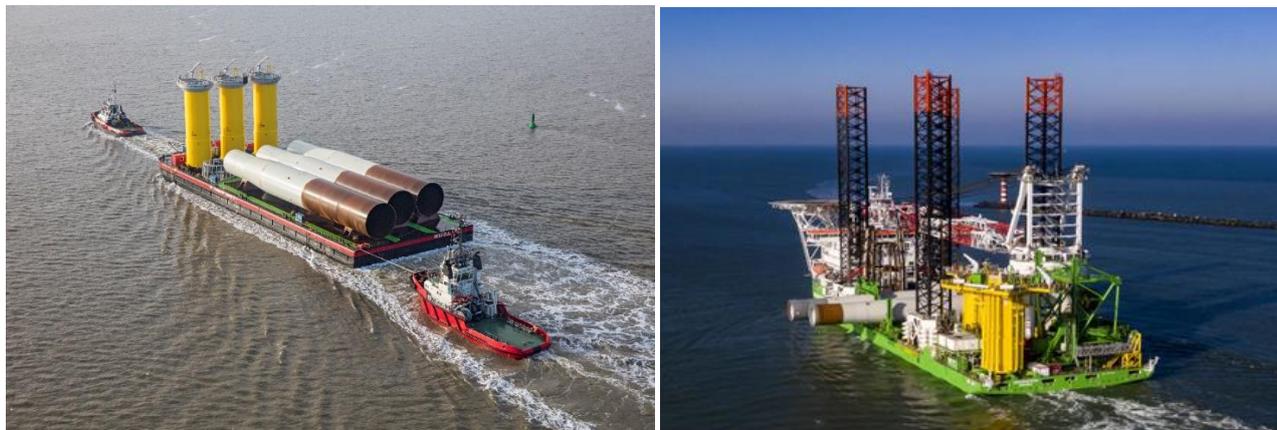


Figura 44 e 45: Trasporto di fondazioni monopalo ed elementi di transizione tramite chiatta (a sinistra) e tramite jack up con componenti fissati sul ponte della nave (a destra)



Figura 46: Nave HLV con monopali ed elementi di transizione fissati sul ponte della nave

Le fondazioni della tipologia *jacket* saranno invece trasportate in posizione verticale utilizzando una chiatta trainata da rimorchio. Il *jacket* viene usualmente costruito orizzontalmente per poi essere ruotato e raggiungere la posizione verticale di trasporto e successiva installazione, al fine di evitare di doverne compiere la rotazione in mare.

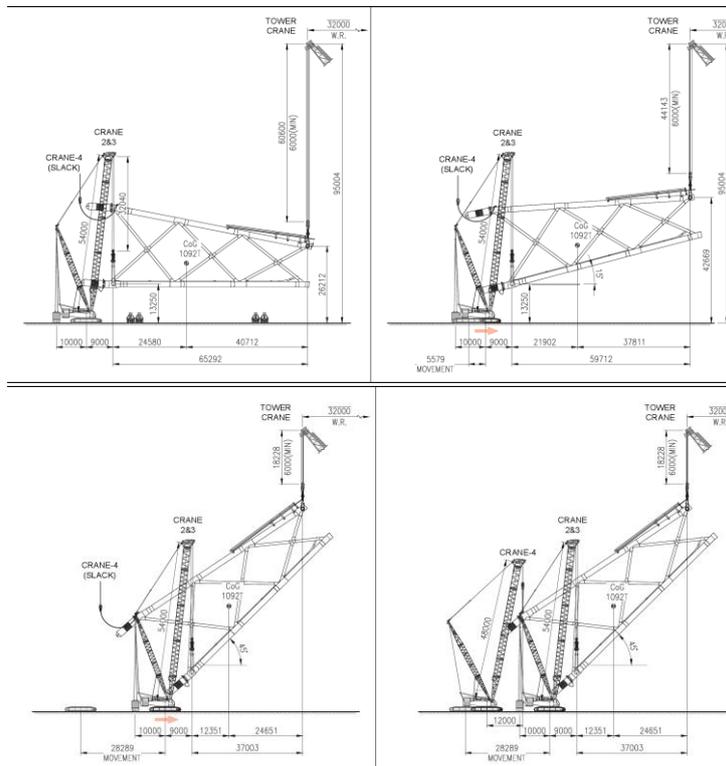


Figura 47: Studio della sequenza delle operazioni di jacket up-ending

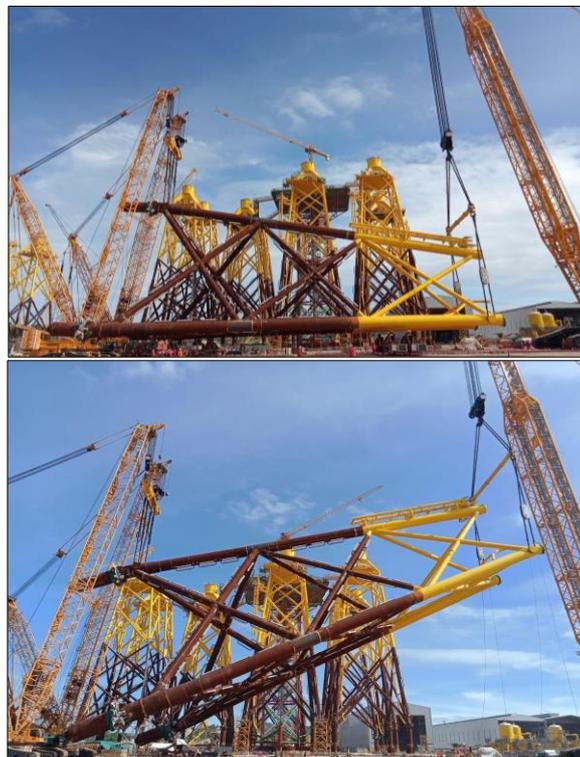


Figura 48: Jacket up-ending in cantiere



Figura 49: Trasporto di fondazioni jacket su chiatta

L'installazione degli aerogeneratori prevederà l'utilizzo di una nave *jack-up* che sarà stazionata nell'area marina del sito. Questo mezzo caricherà in porto i componenti per poi dirigersi all'area di installazione.

Le torri saranno trasportate già assemblate ed in posizione verticale, così come le navicelle assemblate al rotore. Le pale degli aerogeneratori saranno invece trasportate in posizione orizzontale, inserite in appositi supporti che permettono di impilarle.

In totale con un viaggio la nave di installazione è in grado di trasportare fino ad otto aerogeneratori completi. C'è la possibilità di minimizzare i viaggi della nave di installazione, risparmiando sui costi ed i tempi, utilizzando una chiatta di dimensioni appropriate per il trasporto delle componenti degli aerogeneratori, dall'area di stoccaggio a terra fino al sito di installazione.



Figura 50: Vista delle operazioni in fase di carico della nave



Figura 51: Fase di sollevamento e carico, in porto



Figura 52: Fase di carico in porto. Vista del supporto per il trasporto delle pale



Figura 53: Nave carica con componenti degli aerogeneratori (torri, navicelle, pale) posizionata al sito di installazione.

4.2.3 Operazioni di installazione

L'attuale mercato dell'energia eolica offshore è dominato dagli aerogeneratori con fondazioni fissate al fondale. Tra le tipologie più comunemente utilizzate troviamo la fondazione monopalo, che consiste in un unico palo cilindrico in acciaio con diametri che tipicamente variano dai 3 agli 8 metri.

Queste tipologie di fondazioni sono considerate ideali quando si ha una profondità compresa tra i 20 ed i 40 m. La soluzione monopalo in fase di studio per il progetto Agnes Romagna avrà un diametro di circa 8 metri.

In totale, per i due impianti eolici, saranno installati 75 aerogeneratori con potenza di 8 MWp ciascuno.

È di fondamentale importanza avere caratteristiche tecniche idonee per ottimizzare la conversione dell'energia eolica medio-bassa, tipica delle condizioni climatiche dell'area mediterranea, e poter ottenere una producibilità conveniente.

Le caratteristiche degli aerogeneratori che potranno essere installati nei parchi di Romagna 1&2 sono i seguenti:

- Diametro del rotore fino a 260 metri;
- Altezza mozzo della sezione di transizione tra fondazione e torre fino a 170 metri
- Altezza di *tip* (altezza della fondazione + elemento di transizione + altezza mozzo + lunghezza della pala) fino a 300 metri.

Il porto di riferimento per le operazioni di installazione dei componenti del parco eolico sarà il porto di Ravenna. Agnes avrà a disposizione un'area utilizzabile per lo stoccaggio e le fasi di load out delle chiatte di



trasferimento. Tale area presenterà caratteristiche di profondità, spazi e mezzi adeguati, come descritto nel capitolo 2.

Le fondazioni ed i componenti degli aerogeneratori saranno trasportati via mare dal luogo di fabbricazione al luogo di adeguato stoccaggio nel porto di Ravenna, in tal modo saranno ridotti i tempi di stand-by durante le operazioni di installazione.

Prima di iniziare le operazioni di installazione delle strutture di fondazione dovrà essere eseguito un accurato sopralluogo del fondale nella zona di installazione in modo da individuare eventuali ostacoli da rimuovere e verificare che il fondale sia regolare. Il sopralluogo potrà essere eseguito tramite ROV (*Remote Operated Vehicle*).

4.2.3.1 *Fondazione monopalo*

Per il Progetto si prevede di poter avere monopali con diametro compreso tra gli 8 ed i 10 metri. Considerate le dimensioni ed il peso di questa tipologia di fondazione e tenendo conto delle condizioni meteomarine medie, la tipologia di nave che potrebbe essere utilizzata per l'installazione delle fondazioni potrà essere una nave *jack-up* o una nave per sollevamento di carichi pesanti (*HLV-Heavy Lift Vessel*).

Le operazioni si avviano con il sollevamento del monopalo dalla chiatta di trasbordo (o dalla sua posizione di fissaggio sul ponte della nave) utilizzando un telaio di sollevamento. Una volta posto in posizione verticale, sarà collocato all'interno di un dispositivo di presa (*gripper*) (Figura sottostante) per mantenere la posizione e correggerne l'inclinazione e l'allineamento anche durante l'infissione a terra.



Figura 54: Posizionamento del monopalo nel gripper per l'installazione

Dopo l'iniziale penetrazione per gravità, il passaggio successivo prevede l'utilizzo di un martello idraulico per infiggere il monopalo nel fondale fino alla profondità di progetto. La procedura di "martellamento" (*hammering procedure*) è uno degli step fondamentali della fase di installazione. Posizionato il martello in cima al monopalo, viene misurata l'inclinazione del monopalo e, nel caso sia necessario, viene corretta tramite funzione del *gripper* fino a quando non si raggiunge l'intervallo di tolleranza richiesto.

La capacità di infiggere i pali alla profondità richiesta può essere limitata in un determinato luogo da:

- Strati profondi di materiale granulare denso/ grossolano/ depositi di ghiaia grossolana;
- Ostacoli interrati, come massi;
- Roccia e/o roccia.

Per tale scopo è importante svolgere un'accurata campagna geotecnica nell'area di interesse.

L'installazione può includere anche metodi di perforazione per assistere le operazioni di palificazione. La trivellazione può essere utilizzata quando le condizioni del fondale marino rendono difficile l'infissione.

Il metodo "drive-drill-drive", che prevede l'utilizzo di entrambi i metodi di guida e di perforazione per installare un determinato monopalo, è stato utilizzato con successo in diversi progetti, per superare le condizioni difficili del terreno, tra cui la presenza di argilla e gesso.



Le durate indicative dei vari step di installazione dei monopali, nel caso in cui il terreno causi problematiche e sia necessaria una perforazione utilizzando una nave installatrice jack-up, potrebbero essere le seguenti:

- i La nave installatrice preleva dal porto e trasporta un certo numero di monopali e di pezzi di transizione: 48 ore;
- ii La nave transita verso il sito: 24 ore;
- iii La nave si posiziona nella giusta località: 12 ore;
- iv La nave si prepara per l'innalzamento del monopalo: 3 ore;
- v La nave solleva il monopalo e lo posiziona sul fondale marino: 3 ore;
- vi La nave spinge il palo fino al rifiuto: 14 ore;
- vii La nave perfora il terreno sotto il palo per consentire l'installazione alla massima profondità di progetto: 55 ore;
- viii Dopo il posizionamento del martello perforatore alla sommità del palo, la nave guida il palo per l'infissione mediante gru, fino alla profondità di progetto: 2,5 ore;
- ix La nave lascia la struttura installata: 9 ore;
- x Ripetizione dei punti da iii a ix per gli altri monopali a bordo: fino a circa 30 giorni;
- xi La nave transita in porto: 24 ore.

Le indicazioni di tali tempistiche sono molto conservative, le tempistiche di design ottimizzate considerano 1.5 giorni circa per l'installazione di ogni monopalo, considerando però che tutte le attività di installazione e la loro durata sono soggette a vincoli meteorologici e di altezza delle onde.

Durante la campagna di installazione, la palificazione di due fondazioni monopalo separate può essere effettuata contemporaneamente, utilizzando due navi di installazione distinte. La palificazione può avvenire in qualsiasi momento della giornata (le operazioni di installazione prevedono un funzionamento delle navi 24 ore su 24), anche se non sarà costante per 24 ore al giorno. Tra la palificazione dei singoli pali dovranno essere effettuati spostamenti della nave e operazioni di movimentazione dei pali, che probabilmente richiederanno 12 ore per ogni singolo palo.

Si prevede che i pali saranno infissi con martelli in grado di produrre fino a 5.000 kJ di energia di palificazione. L'energia massima del martello effettivamente utilizzata per l'infissione dei pali dipenderà dalla resistenza del terreno in ciascun punto di infissione. In alcune località potrà essere necessaria un'energia massima del martello di 1.500 kJ per installare un monopalo, mentre, in altre posizioni, le attività di martellamento potranno essere sospese, e si utilizzerà una trivella per "scavare" il terreno all'interno e al di sotto del monopalo e consentire la continuazione dell'installazione.



L'infissione nel terreno fino alla profondità di progetto sarà realizzata con vibrator/battipali con caratteristiche specifiche per queste strutture.

Una valutazione più approfondita verrà condotta nella fase successiva al rilascio del consenso, quando saranno disponibili ulteriori informazioni sulle condizioni geotecniche del terreno per determinare i requisiti necessari per la palificazione (ad esempio, energia del martello, velocità del colpo).

In tutte le posizioni è previsto un "avvio graduale" di 30 minuti, in cui l'energia del martello sarà di circa 600 kJ (20% di energia). Dopo questo "avvio graduale" di 30/60 minuti, l'energia della palificazione verrà aumentata lentamente per mantenere un numero di colpi per metro di penetrazione compreso tra 100 e 250 circa.

Alla massima energia del martello, un martello da 3.000/5.000 kJ potrà colpire un monopalo circa 30/32 volte al minuto. A energie di martellamento inferiori, il numero di colpi al minuto può aumentare più o meno linearmente fino a 32-38 colpi al minuto, man mano che l'energia del martello viene ridotta da 3.000/5.000 a 600 kJ (dal 100% al 20% di energia).

Quando per installare i monopali alla profondità prevista in progetto si rendono necessarie operazioni di perforazione, le trivelle utilizzate saranno probabilmente in grado di perforare ad una velocità di circa 1 - 3 m/ora.

Il tempo massimo previsto per l'installazione di una fondazione monopalo è di sei ore circa (tre ore previste in media), senza il riscontro di problematiche.



Figura 55: Battitura del monopalo tramite apposito martello



In seguito alla completa installazione del monopalo, il martello sarà rimosso e si procederà successivamente con il posizionamento dell'elemento di transizione (Figura 56), che sarà fissato tramite bullonatura alla fondazione o con connessione cementata. Questo componente non arriverà a poggiare sul fondale, ma attraversa la maggior parte della colonna d'acqua.

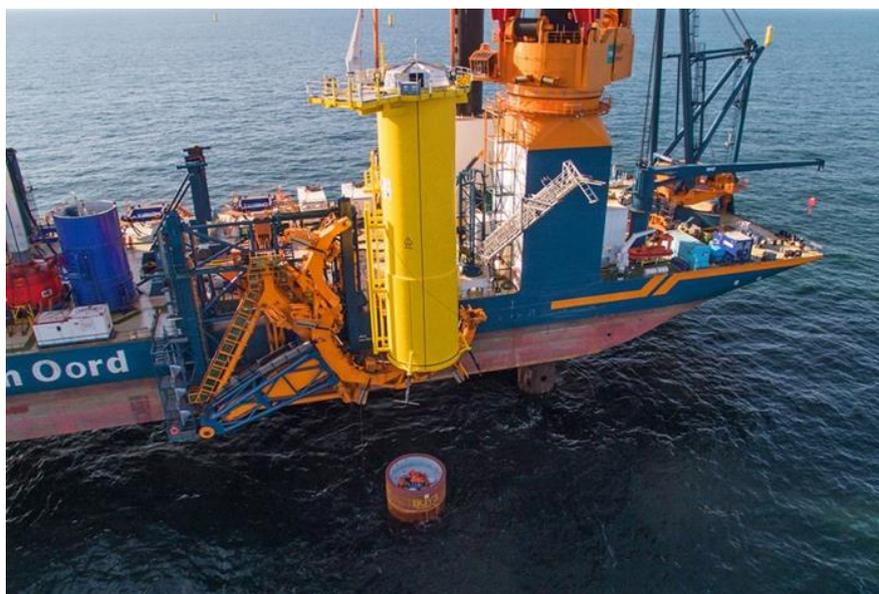


Figura 56: Installazione dell'elemento di transizione sulla fondazione



Figura 57: Fase di bullonatura eseguita con strumentazione apposita

In questa fase progettuale, è stato considerato un elemento di transizione con lunghezza da 22m a 24m.



L'uso di un elemento di transizione consente la regolazione verticale della fondazione, con il vantaggio di incorporare attrezzature accessorie, come parabordi per imbarcazioni e scale di accesso e, nel caso di fondazioni monopalo guidate, garantisce che la connessione flangiata alla torre non venga danneggiata durante l'infissione dei pali. Gli elementi di transizione vengono portati nell'area di progetto su una chiatte o sulla nave di installazione e sollevati in posizione.

Se non vi è una connessione bullonata, la malta viene quindi pompata nello spazio tra il tubolare centrale della fondazione e l'elemento di transizione e lasciata indurire.

In genere, è necessaria una malta ad alta resistenza e basso ritiro per resistere alle notevoli sollecitazioni di compressione nei giunti. La miscela di cemento è fortemente inerte e può essere miscelata a bordo delle navi di installazione o miscelata a terra e trasportata al sito di installazione.

Durante le operazioni di *grouting*, la malta viene pompata nel punto richiesto, monitorata attentamente, e il flusso viene interrotto una volta raggiunti i volumi necessari. Vengono adottati metodi per ridurre al minimo le perdite nell'ambiente circostante e la fuoriuscita sarà ridotta al minimo utilizzando guarnizioni gonfiabili o raschianti situate alla base del pezzo di transizione. Il volume indicativo necessario per una singola fondazione monopalo è di circa 75 m³.

Completata la connessione dell'elemento di transizione si considera chiuso il ciclo di installazione di una fondazione. A questo punto la nave utilizzata si sposterà nella posizione della fondazione successiva, per eseguire nuovamente la procedura di installazione.

Il rumore che scaturisce dalle operazioni di *hammering* durante l'infissione dei pali rappresenta una delle maggiori criticità ambientale. I livelli di rumore raggiunti potrebbero disturbare la fauna marina e potranno quindi essere introdotte misure di mitigazione che prevedono tecniche di schermatura, assorbimento e dispersione; si rimanda al volume 3 dello Studio di Impatto Ambientale (Codice AGNROM_SIA-R_SIA-VOLUME 3) per maggiori dettagli in merito.

Si tenga in considerazione il fatto che le soluzioni ad oggi proposte e disponibili sul mercato sono state ideate e realizzate per le operazioni nelle aree marine del nord Europa, prevalentemente nel Mare del Nord.

Per la messa in opera di soluzioni come la *bubble curtain* è necessario l'impiego di mezzi aggiuntivi quali navi apposite, ma ci sono sistemi che possono essere direttamente integrati nel martello.

Al termine dell'installazione è prevista la messa in opera di sistemi di protezione contro l'erosione al piede della fondazione (*scour protection*). La protezione viene fornita solitamente depositando rocce o sacchi di pietre intorno alla base della struttura. L'operazione sarà eseguita da apposita nave con condotta di scarico (*Fallpipe vessel*).



Figura 58: Esempio installazione di scour protection

Al momento sono necessarie ulteriori approfondimenti per la scelta finale della tipologia di fondazioni. È possibile che per il progetto venga utilizzato più di un tipo di fondazione. La scelta finale delle fondazioni per il Progetto dipenderà dalle dimensioni e caratteristiche dell'aerogeneratore, dalle condizioni del terreno e del fondale marino in sito, da considerazioni ambientali e considerazioni di tipo economico e della catena di approvvigionamento.

Come alternativa alla fondazione monopalo si prendono in considerazione le fondazioni del tipo *jacket* e multipalo, la cui installazione è descritta nei seguenti capitoli.

4.2.3.2 Fondazione *jacket*

La fondazione *jacket* è di tipo fisso e sarà composta dai seguenti elementi:

- Sovrastruttura o elemento di transizione;
- Sottostruttura o *jacket*;
- Pali di fondazione dal diametro di 2590 mm.

I componenti della struttura saranno trasportati tramite chiatta, trainata da rimorchio fino al sito di installazione dove le operazioni saranno eseguite utilizzando una nave per sollevamento di carichi pesanti.

Sono tre le principali fasi previste per l'installazione, ognuna delle quali corrisponde ad una campagna in mare.

La prima fase prevede l'installazione e la battitura dei pali di fondazione attraverso l'uso di un template, struttura ausiliaria in acciaio che funge da guida per il posizionamento dei tre pali. Si procede con il posizionamento del template in acqua ed il successivo inserimento dei tre pali; raggiunta la profondità di interrimento di progetto si rimuove il template e si passa al successivo sito di installazione. In questo caso i pali potranno essere installati da una nave installatrice diversa da quella che posizionerà il *jacket*.

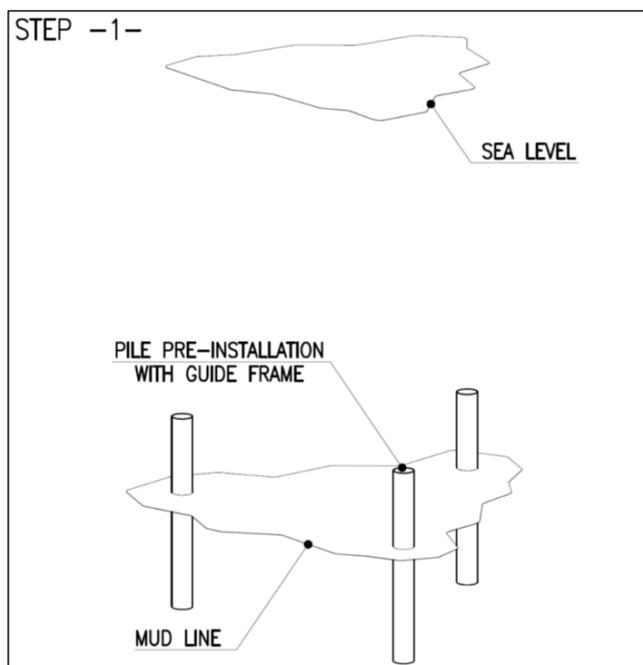


Figura 59: Fase 1 – installazione pali di fondazione

A questo punto con la gru dell'HLV si solleverà ed installerà il jacket, inserendolo nei pali di fondazione precedentemente installati.

I jackets saranno montati sui pali con disposizione "pin and socket" nel quale le gambe del jacket sono inserite nei pali (di solito in caso di pre-palificazione) o i pali sono inseriti negli sleeves alla base del jacket (di solito in caso di post-palificazione).

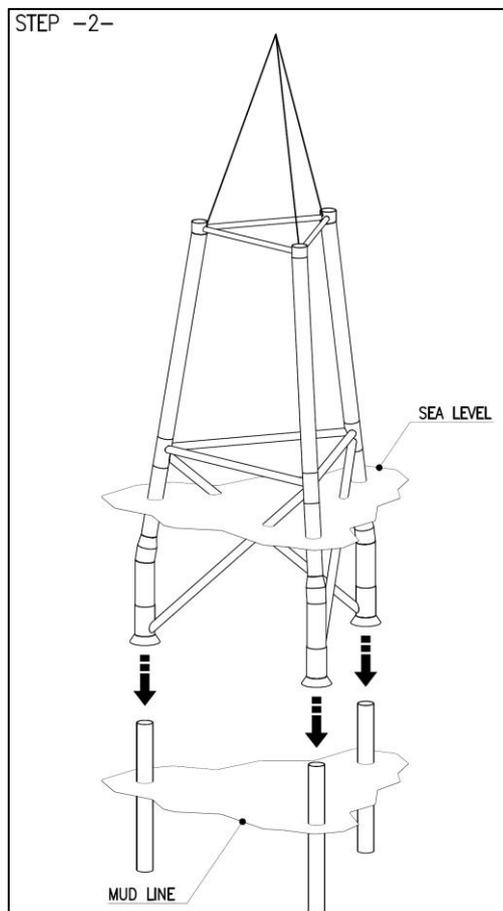


Figura 60: Installazione del jacket

Infine, sempre ad opera dell'HLV, sarà installato l'elemento di transizione e assicurato alla fondazione tramite saldatura. L'ultima operazione prevista è la cementazione dell'anello tra la gamba del jacket ed il palo di fondazione.

Le durate indicative per l'installazione della fondazione con metodo di pre-palificazione, in caso la stratificazione del fondale marino causi il rifiuto dei pali, utilizzando una nave di installazione jack-up, potrebbero essere le seguenti:

- i La nave installatrice preleva i pali per un periodo compreso tra i tre ed i dieci jackets in porto: 48 ore;
- ii La nave transita verso il sito: 24 ore;
- iii La nave si posiziona nel punto in cui deve essere installato il primo jacket: 12 ore
- iv La nave posiziona il template di palificazione sul fondale marino: 3 ore;
- v La nave inserisce il palo nel template: 3 ore;
- vi La nave infila il palo fino al rifiuto: 10 ore;
- vii La nave perfora il terreno sotto il palo per consentire l'installazione alla massima profondità di progetto: 60 ore;



- viii La nave guida il palo fino alla profondità di progetto: 2,5 ore;
- ix Ripetizione delle operazioni da v a viii per tutti i pali del jacket: la durata varia;
- x La nave rimuove il template dal fondale marino e lascia la posizione del jacket: 3 ore;
- xi Livellamento del jacket, grouting e bloccaggio meccanico delle connessioni tra pali e jacket;
- xii Ripetizioni delle operazioni da iii a x per tutti i jacket per i quali i pali sono stati caricati sulla nave (da due a nove giacimenti in più): fino a circa 30 giorni, a seconda del numero di jacket e di pali;
- xiii Transito della nave in porto: 24 ore.

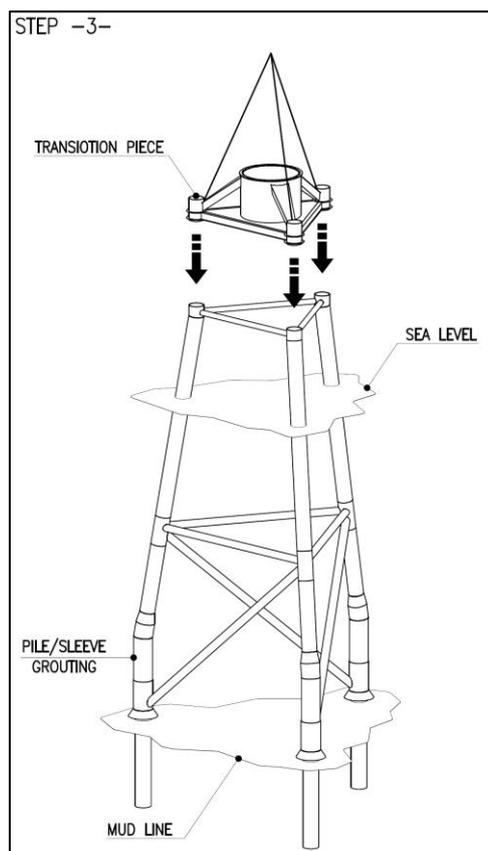


Figura 61: Installazione elemento di transizione e cementazione dei pali

Le indicazioni di tali tempistiche sono molto conservative, le tempistiche di design ottimizzate considerano 1.5 giorni circa per l'installazione di ogni jacket, considerando però che tutte le attività di installazione e la loro durata sono soggette a vincoli meteorologici e di altezza delle onde.

I pali possono essere installati prima che il jacket venga posizionato sul fondale marino (pre-piling), di solito utilizzando un template come descritto in precedenza, oppure dopo che il jacket è stato posizionato sul fondale marino (post-piling).



Dovrà infatti essere considerata come alternativa la tecnica di installazione dei pali del jacket con il metodo *post-piled*, in tal caso il *jacket* stesso funge da template per i pali. La movimentazione del jacket e il fissaggio ai pali potrebbero richiedere all'incirca lo stesso tempo delle operazioni relative al template, descritte in precedenza. Pertanto, la durata delle operazioni di infissione dei pali dovrebbe rimanere più o meno la stessa.

Si prevede che i pali vengano infissi, ma potrebbero essere necessarie tecniche di installazione alternative, come la perforazione o la vibrazione, a seconda delle condizioni del terreno.

Seguendo un approccio molto cautelativo, poiché i dati indicano che la percentuale sarebbe molto inferiore, si possono prendere in considerazione anche tali tecniche.

La palificazione può essere effettuata contemporaneamente su due fondazioni a jacket, con la durata dei lavori che si riduce se vengono utilizzate più imbarcazioni. La palificazione può avvenire in qualsiasi momento della giornata (le operazioni della nave sono 24 ore su 24).

L'energia massima del martello utilizzata per installare i pali sarebbe di 2.700 kilojoule (kJ).

Se la sola infissione non consentirà di installare i pali raggiungendo la profondità di design, si ricorrerà ad una combinazione di infissione e perforazione.

La procedura solitamente utilizzata prevede un avvio graduale (aumento graduale dell'energia del martello per colpi consecutivi), iniziando con un'energia del martello pari a circa il 10% dell'energia massima e impiegando un'ora per aumentare l'energia massima, utilizzando circa 15 colpi di martello al minuto. Una volta completata la procedura di avvio graduale, i colpi di martello sarebbero al massimo 30 al minuto, per un totale di 9.000 colpi in 6 ore, con un tempo di installazione di 1 ora e 30 minuti per ogni palo.

Il tempo massimo previsto per l'installazione di una fondazione a jacket palificata potrà arrivare fino a 12 ore di attività.

Un'ulteriore opzione di configurazione della fondazione *jacket* prevede le *suction piles* (lett. pali aspiranti). In questo caso non sarà necessaria l'installazione di pali di fondazione precedentemente o successivamente al jacket.

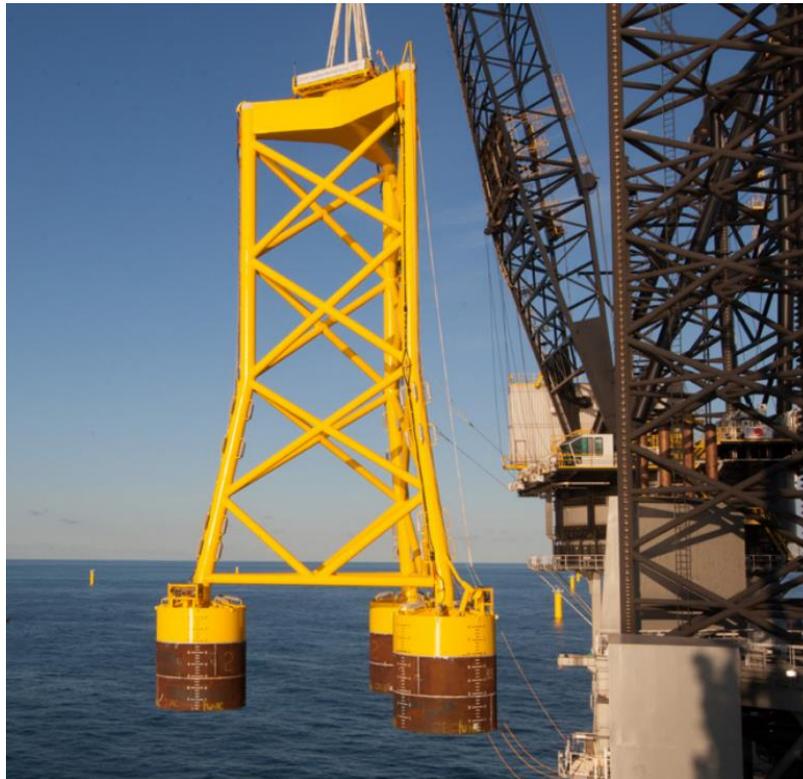


Figura 62: Struttura di fondazioni jacket con suction piles

La fondazione viene posizionata sul fondale marino e, utilizzando una pompa controllata dalla nave, sarà applicata una pressione negativa all'interno dei cassoni posti al termine della gamba del *jacket*, aperti nell'estremità in contatto con il fondale. Grazie a questa operazione la pressione negativa ancora la struttura nel fondale marino, mantenendo la posizione grazie all' "effetto ventosa".

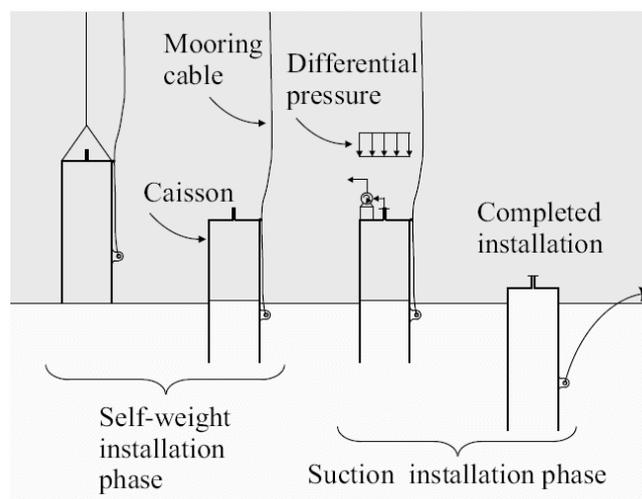


Figura 63: Schematica delle fasi di installazione e penetrazione delle suction piles



4.2.3.3 Fondazione multipalo

La fondazione multipalo è un concept realizzato con sei pali liberi inclinati, con diametro di 2500 mm, infissi nel terreno e collegati tramite un conglomerato di calcestruzzo alto 3.6 m e con un diametro di 12 m.

I pali saranno trasportati con chiatta trainata da rimorchio, dato il peso e la dimensione dei pali sarà possibile utilizzare una nave con capacità inferiore rispetto all'HLV.



Figura 64: Operazioni di carico in porto dei pali per la fondazione multipalo

La gru della nave utilizzata solleverà e verticalizzerà i pali che saranno posizionati all'interno di un apposito dispositivo di presa che ne manterrà l'inclinazione durante la fase di battitura tramite martello.



Figura 65: Installazione pali di fondazione tramite piling barge

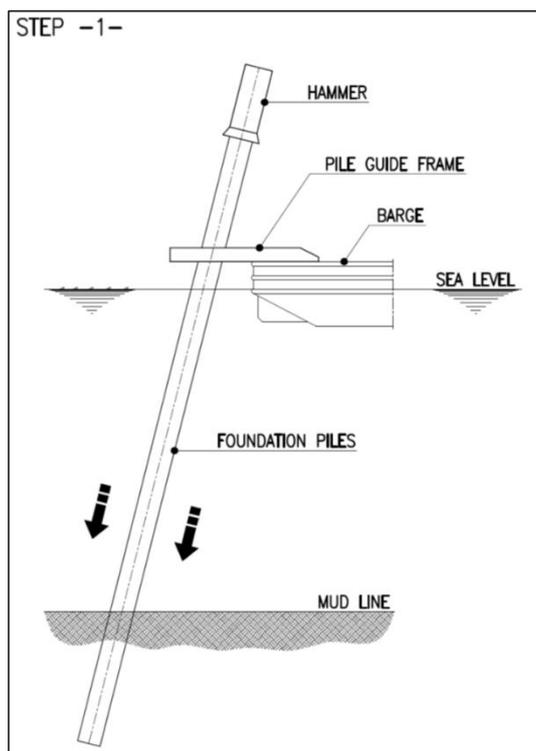


Figura 66: Installazione pali con guida

Una volta installati i sei pali che compongono la fondazione si passa alla struttura di transizione in calcestruzzo, sollevata con un gancio singolo sarà posizionata sopra i pali. Il collegamento tra le estensioni della struttura in calcestruzzo e la testa dei pali inglobata sarà eseguito tramite saldatura.

Le fasi di installazione delle fondazioni per i jacket possono essere assimilabili all'installazione dei pali inclinati, con una richiesta di maggiore precisione riguardante il mantenimento dell'inclinazione adeguata.

A differenza del jacket, le prescrizioni per i mezzi navali utilizzati potranno essere meno esigenti, con la possibilità di utilizzo di vessel più economici, ma con tempistiche di installazione che, in media, potranno essere più durature.

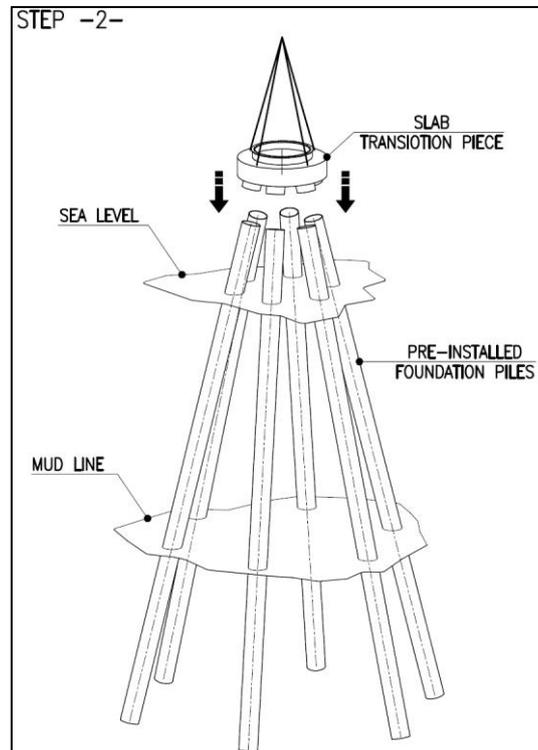


Figura 67: Installazione elemento di transizione in calcestruzzo



Figura 68: Esempio impianto eolico con fondazioni multipalo installate



4.2.3.4 Aerogeneratori

Di seguito si descrive la metodologia attualmente prevista per l'installazione degli aerogeneratori; tuttavia, potrà essere soggetta a modifiche in funzione del fornitore selezionato e della disponibilità e tariffa delle navi di installazione.

Come precedentemente anticipato, sulla sommità delle fondazioni, anche al fine di livellare le imprecisioni orizzontali che si possono avere dopo l'installazione, viene posizionato un elemento di transizione (*transition piece*) che attraversa la maggior parte della colonna d'acqua.

Una volta posizionato l'elemento di transizione, si procede con l'installazione della torre della turbina: realizzata in acciaio tubolare, essa sostiene la struttura della turbina.

La nave di installazione utilizzata sarà un *jack-up vessel* o una nave di posizionamento dinamico, gli elementi dell'aerogeneratore potranno essere trasportati direttamente sulla nave o in alternativa da una chiatta di supporto.



Figura 69: Esempio di installazione torre dell'aerogeneratore

I componenti degli aerogeneratori (navicella, rotore, pale e torre) saranno stoccati presso la base logistica del Porto di Ravenna e da qui verranno caricati sulla nave che sarà predisposta per l'installazione.

Di solito le torri sono composte da tre/quattro sezioni che sono assemblate precedentemente al trasferimento in mare e poi installate come pezzo unico. La torre sarà trasportata in posizione verticale, sollevata tramite gru della nave di installazione, posizionata e connessa al *transition piece* tramite bullonatura.



Il componente successivo da installare sarà la navicella, struttura a forma di scatola composta da un telaio principale ed una copertura. Al suo interno ospita il generatore, la linea di trasmissione e le apparecchiature di controllo, comunicazione e manutenzione.

Durante il trasporto è comune che le unità della navicella e del mozzo del rotore siano preassemblate. La sequenza prevede il sollevamento dell'unità navicella dalla nave di trasporto e l'accoppiamento con la torre, secondo una modalità simile a quella che viene utilizzata per l'installazione delle pale.

Le pale sono profili aerodinamici realizzati in materiali compositi o plastici rinforzati. In fase di installazione il lungo perno di guida entrerà in un foro della flangia prima degli altri perni, distribuiti lungo il profilo di contorno della pala. Terminata l'installazione della prima pala si procederà poi con le restanti due. L'installazione delle pale è vincolata non solo dal raggio d'azione della nave, ma anche dalla velocità del vento, il limite è stato gradualmente aumentato grazie alle innovazioni nelle attrezzature di sollevamento.

Attualmente il limite è di 13 m/s all'altezza del mozzo e qualsiasi aumento oltre questo valore può essere limitato da rischi sulla sicurezza delle operazioni.



Figura 70: Esempio installazione pala



Figura 71: Esempio completamento installazione pale. Trasporto elementi per installazione aerogeneratori.

È possibile seguire due diverse modalità di assemblaggio per gli aerogeneratori. Nel primo caso, quello selezionato per il Progetto, l'assemblaggio viene effettuato al sito di installazione; in alternativa l'assemblaggio dell'unità rotore con le pale viene eseguita nell'area di stoccaggio in porto. Quest'ultima soluzione permetterebbe di minimizzare i tempi di impiego della nave per l'installazione; tuttavia, aumenterebbe la complessità e difficoltà delle opere di sollevamento in mare e richiederebbe ampi spazi di cantiere a terra e del canale di navigazione.



Figura 72: Esempio di trasporto unità rotore e pale preassemblate



Figura 73: Esempio di installazione unità rotore e pale preassemblate

La soluzione che si propone di adottare permetterebbe di massimizzare le capacità di stoccaggio della nave di trasporto, impiegando però un maggior tempo in fase di installazione in mare.

I mezzi navali impiegati possono caricare fino a quattro turbine complete della classe da 8 MW, che significa quattro torri, dodici pale e quattro navicelle preassemblate a terra per risparmiare tempo nelle operazioni in mare.

Le operazioni si eseguiranno in campagne diverse. La prima campagna prevederà l'installazione delle fondazioni e dei *transition piece*, in seguito saranno installati i componenti degli aerogeneratori.

L'installazione di una turbina, dal posizionamento della nave nel sito alla partenza, dura circa 24 ore, a seconda della località e delle condizioni meteorologiche. Un vincolo durante il trasporto e l'installazione è rappresentato dal limite di accelerazione definito dal fornitore delle turbine, per evitare di danneggiare le turbine e rendere nulle le garanzie. In genere si tratta di circa 0,5 g.

4.3 Sottostazioni elettriche a mare

4.3.1 Costruzione e stoccaggio a terra

Per la fabbricazione di elementi con grandi dimensioni e pesi come potrebbero essere il jacket o il topside della sottostazione, sono necessari cantieri specializzati che dispongano di spazi adeguati, di dedicate



attrezzature di montaggio e saldatura. Il cantiere Piomboni situato all'interno dell'area del porto di Ravenna si ritiene idoneo alla realizzazione delle fondazioni del tipo jacket per le sottostazioni del Progetto.

La posizione strategica ne garantisce l'accesso via mare, su binari o da strada; dotato di banchina lunga 450 m e con scivolo per l'ingresso in acqua (*skidway*) da 10.000 ton di capacità.

La sequenza tipica di costruzione per la fondazione jacket prevede di costruire i grandi elementi piani in orizzontale e poi accoppiarli con elementi gemelli mediante operazioni di roll up eseguite con l'ausilio di gru di grandi dimensioni o tramite azione combinata di gru e martinetti a trefoli (*strand-jack*).

Una volta ultimata la costruzione in posizione orizzontale, il jacket sarà sollevato per raggiungere la posizione verticale ed essere caricato sulla chiatte per il trasporto. Alle operazioni di sollevamento dalla posizione orizzontale ci si riferisce con il termine *up-ending*.

Nell'immagine seguente si può osservare il jacket ultimato, in posizione orizzontale e visto dal basso, sulla destra le gru che saranno utilizzare per le operazioni di *up-ending*.



Figura 74: Vista dal cantiere Piomboni della costruzione jacket

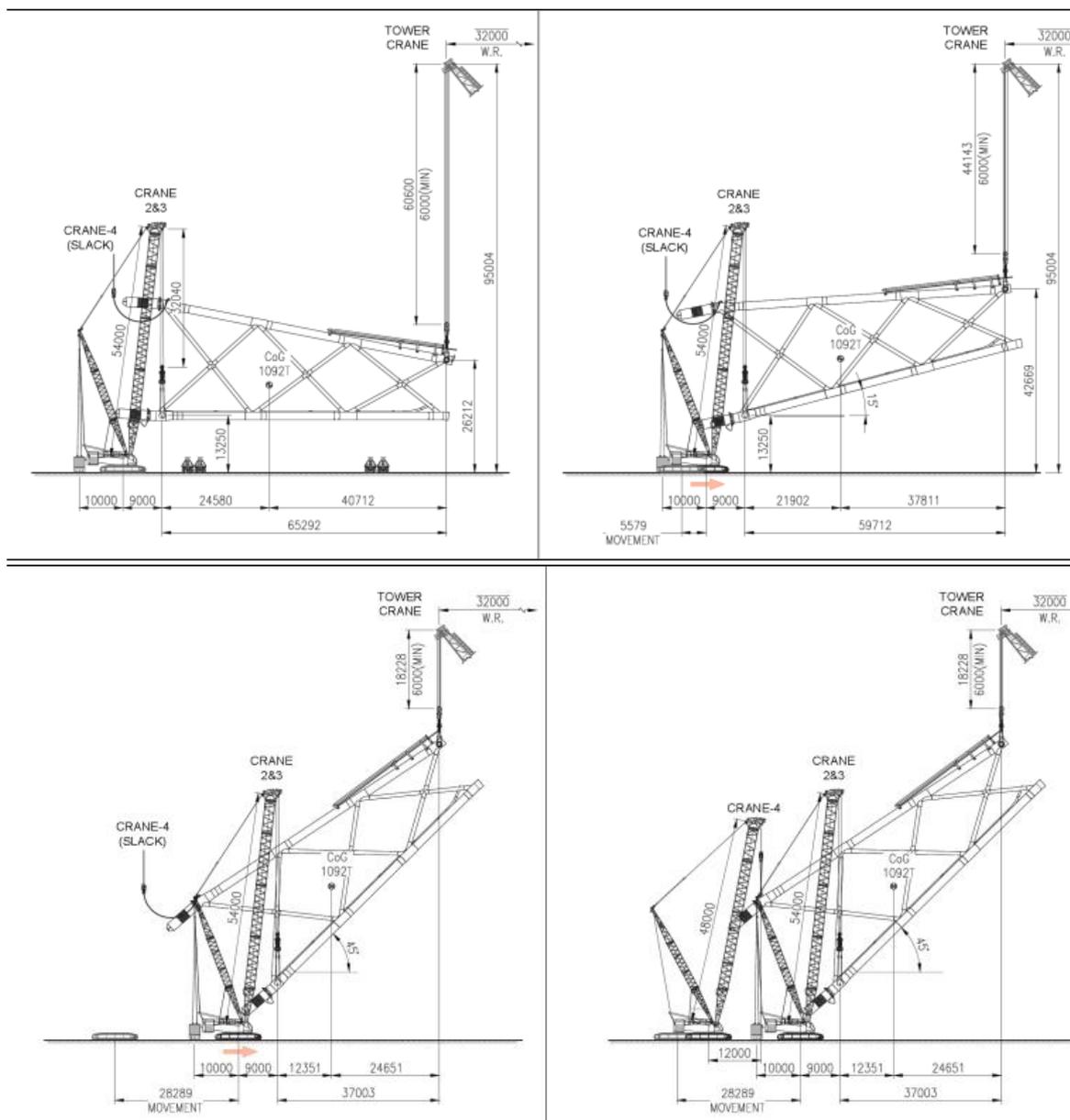


Figura 75: Studio della sequenza delle operazioni di jacket up-ending

4.3.2 Trasporto delle componenti dall'area di stoccaggio al sito di installazione

Le sottostazioni elettriche a mare sono strutture offshore costituite da una fondazione di tipo fisso, che potrà essere un jacket di quattro gambe o un monopalo, ed un topside che conterrà l'equipaggiamento e le apparecchiature elettriche di trasformazione 220/66 kV e tutti gli annessi necessari al funzionamento.

Gli elementi che costituiranno la fondazione della sottostazione saranno realizzati in cantiere a terra, per poi essere trasportati tramite chiatta trainata da rimorchio verso il sito di installazione, dove le operazioni



proseguiranno con l'ausilio di una nave per carichi pesanti (HLV). La fondazione del tipo jacket sarà caricata e trasportata dalla chiatta in posizione verticale.

Nel caso della soluzione monopalo, il corpo fondazione sarà costituito da:

- Monopalo in acciaio;
- Gabbia con sistema di protezione anodica per la corrosione;
- Elemento di transizione tra fondazione e topside.

Il monopalo sarà trasportato sopra una chiatta, in posizione orizzontale. Gli altri due elementi saranno invece caricati e trasportati in posizione verticale sopra la chiatta, come mostrato Figura 76.

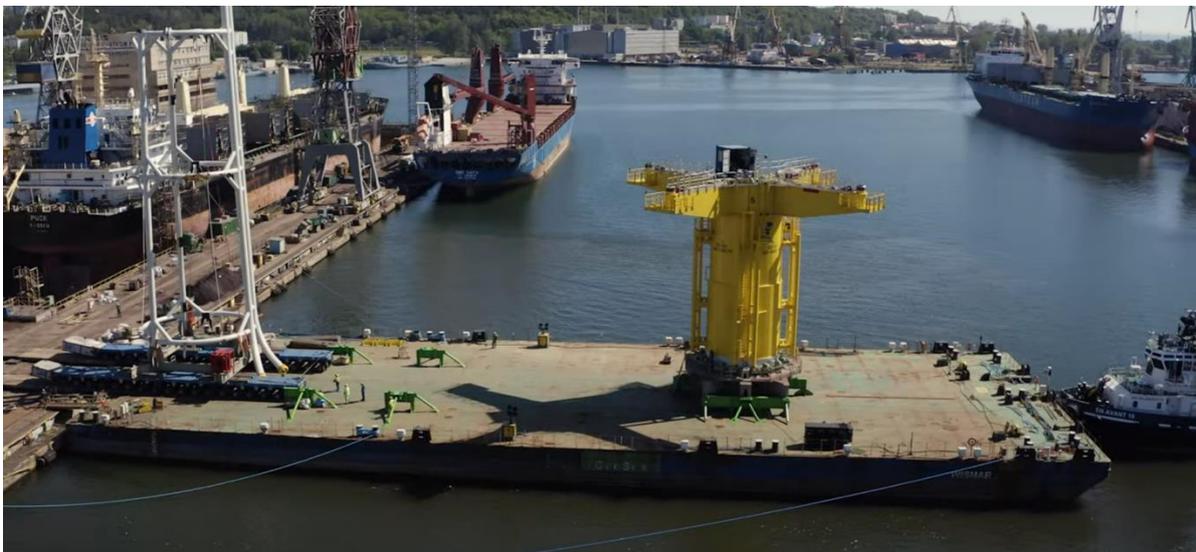


Figura 76: Load out di una gabbia anodica ed elemento di transizione per fondazione di sottostazione marina

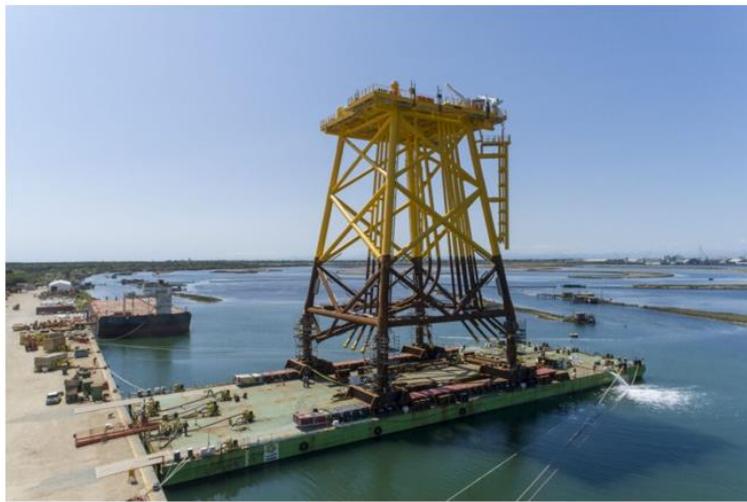
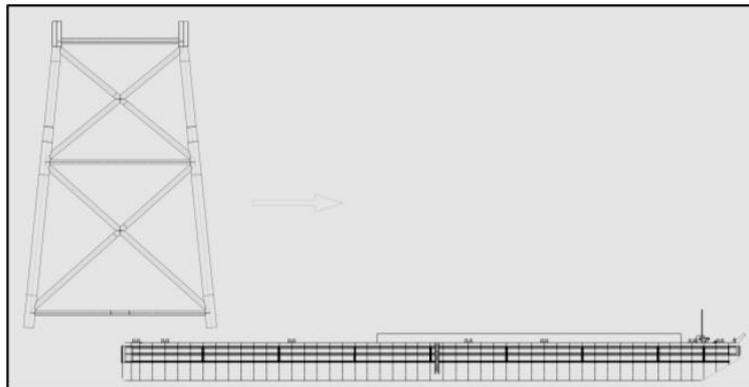


Figura 77: Load out della fondazione jacket sulla chiatta per il trasporto



Figura 78: Traino della chiatta per il trasporto con rimorchio



Il topside delle sottostazioni marine sarà assemblato presso il sito di produzione, in modo da costituire un'unità unica prima di essere sollevato e trasportato al sito di installazione. Ciò consentirà di ridurre i tempi durante il sollevamento del modulo e posizionamento sull'elemento di fondazione.

4.3.3 Operazioni di installazione

Saranno di seguito descritte le operazioni di installazione delle sottostazioni elettriche, in particolare per entrambe le tipologie di fondazione considerate allo stato attuale del progetto.

4.3.3.1 Fondazione monopalo

Prima di iniziare le operazioni di installazione delle strutture di fondazione dovrà essere eseguito un accurato sopralluogo del fondale nella zona di installazione in modo da individuare eventuali ostacoli da rimuovere e verificare che il fondale sia regolare. Il sopralluogo potrà essere eseguito tramite ROV (*Remote Operated Vehicle*).

Nel caso della soluzione monopalo, il corpo fondazione sarà costituito da:

- Monopalo in acciaio;
- Gabbia con sistema di protezione anodica per la corrosione;
- Elemento di transizione tra fondazione e topside.

Le operazioni prevedono in primo luogo l'installazione del monopalo in acciaio, con procedura analoga a quella eseguita per l'installazione dei monopali di fondazione per aerogeneratori.

Con l'ausilio di una nave per carichi pesanti (HLV) il monopalo sarà collegato alla gru e sollevato, dalla chiatta su cui è stato trasportato, fino a raggiungere la posizione verticale. A questo punto il monopalo viene collocato all'interno del dispositivo di presa (*gripper*) e lasciato inizialmente penetrare per gravità. Successivamente la gru viene disconnessa dal monopalo, e connessa al martello battipalo per sollevarlo e posizionarlo alla cima del monopalo. Sarà quindi eseguita la battitura, fino al raggiungimento della profondità di progetto, momento in cui sarà rimosso il martello battipalo e si potrà proseguire con l'installazione degli altri componenti del sistema di fondazione.



Figura 79: Gabbia con protezione catodica e J-tubes, elemento di transizione per sottostazione (in giallo)

Il successivo componente installato sarà la gabbia per la protezione dalla corrosione, a cui sono uniti i *J-tube* per i cavi elettrici. L'elemento sarà trasportato in posizione verticale su chiatta, sollevato con la gru dell'*HLV* e posizionato sul monopalo installato. Lentamente sarà abbassato fino a raggiungere la posizione finale dove sarà unito al monopalo tramite saldatura.

Infine, sarà sollevato e posizionato in cima al monopalo l'elemento di transizione (in giallo nella figura precedente), predisposto per accogliere la sovrastruttura della sottostazione.

Il *topside* sarà composto da un unico elemento, posizionato su una chiatta e trainato al sito di installazione. Lì il sollevamento avverrà tramite nave *HLV* che andrà a posizionare il *topside* sopra la struttura di fondazione ed il collegamento avverrà tramite saldatura.

La fase successiva prevederà il *commissioning* della sottostazione, con il tiraggio dei cavi elettrici dentro ai *J-tube* tramite verricello e la successiva connessione con le apparecchiature elettriche.

4.3.3.2 Fondazione jacket

Prima di iniziare le operazioni di installazione delle strutture di fondazione dovrà essere eseguito un accurato sopralluogo del fondale nella zona di installazione in modo da individuare eventuali ostacoli da rimuovere e verificare che il fondale sia regolare. Il sopralluogo potrà essere eseguito tramite *ROV (Remote Operated Vehicle)*.

La struttura della sottostazione elettrica di trasformazione offshore sarà composta da:

- Jacket, con funzione di fondazione e sostegno per j-tubes e per i cavi;
- Topside: elemento che alloggerà le strumentazioni per la trasformazione elettrica 66/220 kV.



I mezzi utilizzati in fase di installazione saranno:

- Chiatta da carico, utilizzata per il trasporto del jacket, pali di fondazione e topside dal cantiere al punto di installazione;
- HLV (Heavy Lift Vessel), nave utilizzata per il sollevamento di carichi pesanti.

Il jacket ed i pali di fondazione saranno trasportati al sito di installazione tramite chiatta, quest'ultima ormeggerà a fianco della nave utilizzata per le operazioni successive.

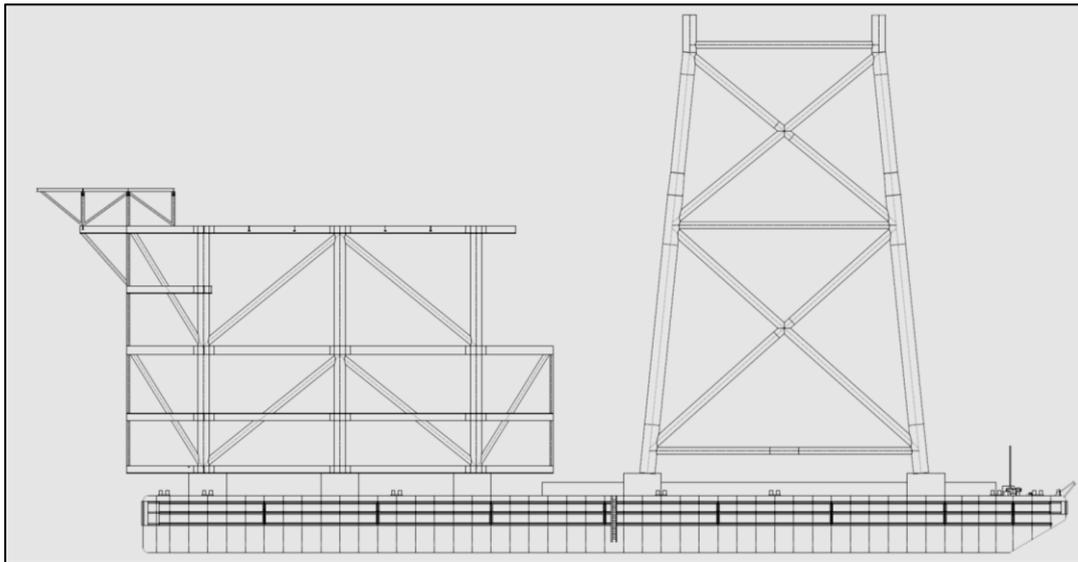


Figura 80: Configurazione chiatta per trasporto jacket e topside

L'HLV solleverà il *jacket* dalla chiatta e lo introdurrà in acqua nel punto predefinito da piano progettuale, una volta smobilata la chiatta di supporto. Una volta posizionato sarà necessario infiggere, all'interno dei piedi delle gambe del *jacket*, i pali di fondazione.

Ogni palo sarà sollevato dalla chiatta tramite HLV, posto in posizione verticale ed inserito nel piede del *jacket*, al raggiungimento della penetrazione di equilibrio la gru sarà scollegata. Questa operazione sarà ripetuta per i quattro pali della fondazione, la fase successiva prevede l'utilizzo della gru per il sollevamento del battipalo. Le caratteristiche del battipalo dovranno essere tali da garantire il raggiungimento dell'infissione di progetto senza provocare eccessive sollecitazioni nel palo stesso.

Il battipalo sarà posizionato sulla testa del palo e si eseguiranno le operazioni di battitura, fino al raggiungimento della profondità di penetrazione finale.



Figura 81: Verticalizzazione pali



Figura 82: Verticalizzazione ed installazione pali

Completata l'installazione dei quattro pali, saranno eseguite misurazioni per verificarne il corretto posizionamento, inclinazione e profondità. A questa fase seguiranno le operazioni che renderanno il collegamento tra palo e *jacket* permanente, tramite l'iniezione di malta nel giunto tra il piede della struttura ed il palo di fondazione. La cementazione avverrà attraverso linee di cementazione preinstallate nella fondazione, la tenuta del cemento nell'intercapedine dovrà essere garantita attraverso appositi sistemi di ritenuta attivi (*inflatable packers*) o passivi (*grout seals*) installati nella parte inferiore della gamba.

Terminata l'installazione delle fondazioni, in una differente seconda campagna, sarà installato il *topside*.

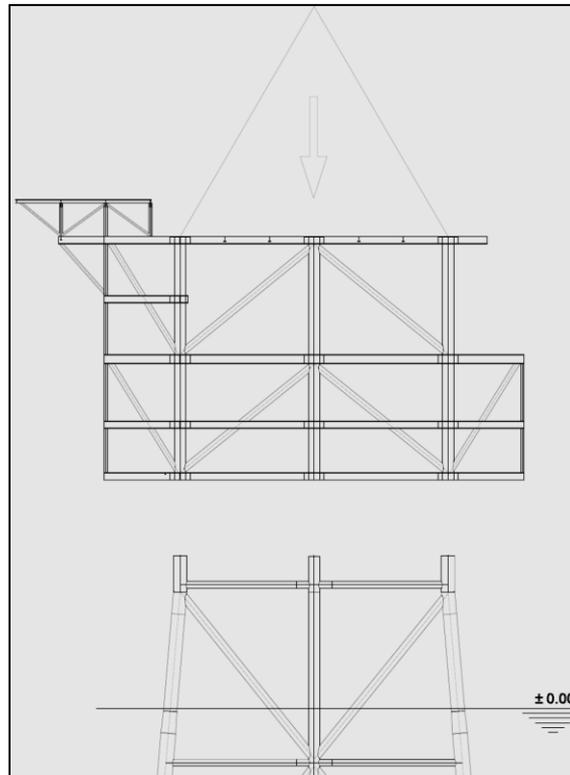


Figura 83: Studio sollevamento e installazione topside



Figura 84: Installazione topside sottostazione



Il *topside* sarà composto da un unico elemento, posizionato su una chiatta e trainato al sito di installazione. Lì il sollevamento avverrà tramite nave HLV che andrà a posizionare il *topside* sopra la struttura di fondazione ed il collegamento avverrà tramite saldatura.

La fase successiva prevederà il *commissioning* della sottostazione, con il tiraggio dei cavi elettrici dentro ai *J-tube* tramite verricello e la successiva connessione con le apparecchiature elettriche.

4.3.4 Fase di commissioning

La messa in servizio di una sottostazione offshore può essere suddivisa in due aspetti che seguono i principi di una sottostazione onshore. Questi aspetti possono essere definiti fase 1 e fase 2 della messa in servizio, cioè "pre" e "post" alimentazione dell'impianto. La fase 1 di pre-commissioning sarà eseguita a terra, in un'area portuale di Ravenna. La sottostazione viene quindi trasportata nel sito prima che le attività della fase 1 possano essere completate e il progetto possa passare alla fase 2 di messa in servizio. Come nel caso della messa in servizio di una sottostazione a terra, la prealimentazione richiede in genere la verifica della funzionalità delle singole apparecchiature e del collegamento dei circuiti. La fase di pre-commissioning a terra sarà preceduta dal Test di Accettazione in Fabbrica (FAT) dell'apparecchiatura, compresi i test di routine. Questi saranno completati in conformità agli standard di produzione delle apparecchiature. Dopo l'installazione delle singole apparecchiature e i controlli del produttore sulle rispettive attrezzature, i test nella fase di pre-commissioning sono eseguiti per:

- Trasformatori;
- Interruttore di comando;
- Servizi dell'edificio (compresi illuminazione, riscaldamento e ventilazione, TVCC, sistemi antincendio e di sicurezza);
- Sistemi in BT;
- Sistemi CC;
- Sistemi SCADA e di controllo;
- Telecomunicazioni (comprese radio VHF e UHF).

4.3.4.1 Test ad alta tensione onshore

Sulla piattaforma della sottostazione offshore, gli interruttori di comando con isolamento a gas da 66 e 220 kV saranno sottoposti a prove di pressione. Anche i cavi di interconnessione tra il trasformatore e gli elementi dell'interruttori di comando vengono normalmente installati e testati nel cantiere del costruttore a terra prima dell'uscita dalla piattaforma.



4.3.4.2 Fase di pre-commissioning in mare

L'attività iniziale in mare aperto, dopo l'installazione della sottostazione, è un'ispezione visiva per valutare eventuali danni o cambiamenti evidenti alle condizioni e ai contenuti delle apparecchiature (ad esempio, i livelli di olio). Dopo aver effettuato un'ispezione visiva, si deve procedere a una valutazione dei sistemi di sicurezza, compresa l'ispezione di eventuali allarmi sulle apparecchiature o sul sistema SCADA e la conferma del funzionamento del sistema HVAC. I lavori di pre-commissioning in mare aperto si concentreranno quindi su:

- Fissaggio e messa in sicurezza di griglie sollevate per il trasporto;
- Rimozione di eventuali controventature o supporti temporanei per il trasporto;
- Rimozione delle piastre di bloccaggio delle porte (o simili per garantire che le porte rimangano chiuse durante il trasporto) per consentire l'accesso ai locali;
- Verifica dell'illuminazione della piattaforma e dell'illuminazione interna;
- Montaggio dei pali di illuminazione e dell'antenna (se installati e abbassati durante il trasporto marittimo)
- Montaggio di eventuali unità di ventilazione rimosse durante il trasporto marittimo;
- Controllo del funzionamento delle gru della piattaforma.

Il pre-commissioning elettrico ricontrolla una serie di elementi che sono stati testati in banchina. Ciò è necessario per garantire che non si siano verificate danneggiamenti/modifiche durante la fase di trasporto nel sito. Un requisito essenziale per completare i test offshore è la creazione del sistema di telecomunicazione a terra. A tal fine, è necessario terminare i cavi export, poiché le fibre sono incorporate in questi cavi.

4.3.4.3 Messa in servizio

Alimentazione dei sotto circuiti

La procedura di messa in tensione deve seguire un programma di messa in servizio. Le fasi tipiche della commutazione e della messa in tensione sono:

1. Verificare che tutte le apparecchiature dell'impianto eolico/fotovoltaico siano pronte per l'alimentazione;
2. Messa in tensione degli impianti di connessione situati a terra;
3. Alimentazione del cavo sottomarino. La corrente di carica del cavo può essere utilizzata per verificare la stabilità della protezione differenziale a monte a terra;



4. Esecuzione del soak test del cavo di esportazione;
5. Alimentazione dell'interruttore di comando;
6. Alimentazione del primo trasformatore, compreso il commutatore e il soak test;
7. Alimentazione del secondo trasformatore, compreso il commutatore e il soak test;
8. Alimentazione dei GIS e dei trasformatori ausiliari;
9. Alimentazione dei cavi di interconnessione degli impianti eolici e fotovoltaici e relativi test;
10. Messa in servizio finale sulla piattaforma offshore;
11. Riconfigurazione del sistema di alimentazione per soddisfare i requisiti operativi.

In ogni fase della messa in servizio, l'apparecchiatura appena messa sotto tensione deve essere ispezionata per rilevare eventuali segni di sofferenza ed eseguire successivi controlli mentre l'apparecchiatura è sotto carico. Tutti i controlli effettuati saranno registrati in un verbale di messa in servizio.

Post-commissioning

Quando il sistema è stato messo sotto tensione per alcuni giorni, è necessario recarsi alla sottostazione per ispezionare (vedere, sentire, annusare, toccare) tutte le apparecchiature, i cavi e gli impianti associati. In alcuni casi, il fornitore di ogni apparecchiatura fornirà istruzioni chiare sui controlli post-energizzazione.

4.4 Elettrodotti marini

L'installazione dei cavi dovrà essere eseguita dal fornitore con un'ideale nave posacavi, che soddisfi ogni prescrizione, limitazione e standard di design definito in fase di progettazione esecutiva e imposto dalle specifiche dei cavi da installare.

La fase di messa in opera dei cavi sottomarini generalmente si sviluppa attraverso le seguenti attività:

Tabella 1: Attività previste nella fase esecutiva di messa in opera dei cavi sottomarini

Attività num.	Descrizione
01	Caricamento del cavo e trasporto
02	Preparazione del fondale marino prima dell'installazione (incl. PLGR)
03	Installazione (incl. <i>pulling on platforms</i>)
04	Protezione dei cavi mediante <i>Post-lay Burial</i>
05	Protezione dei cavi marini
06	Rilievo As-built
07	Cable crossing
08	Terminazione dei cavi e Collaudo



Figura 85: Esempio di idonea nave posacavi

4.4.1 Preparazione e mobilizzazione

Le attività di preparazione e mobilizzazione di tutta la strumentazione necessaria per la posa e l'interramento del cavo si svolgeranno prima dell'esecuzione del Progetto presso il porto di riferimento dell'installatore o in un porto idoneo nelle vicinanze del sito di costruzione. Il porto selezionato dovrà soddisfare i requisiti minimi per le dimensioni delle barche utilizzate e le capacità di carico e scarico.

Le imbarcazioni che prenderanno parte alle operazioni per le attività di posa e protezione, ovvero il CLV e il TSV selezionati (e i potenziali ISV e CTV, se necessari), saranno completamente equipaggiate e sottoposte a manutenzione continua, oltre a presentare le certificazioni necessarie.

Un numero sufficiente di ricambi per le navi e le attrezzature tecniche necessarie per le operazioni di posa e di interrimento saranno mobilizzate sulle navi. Una volta completata la fase di mobilizzazione, la CLV transiterà verso la struttura del produttore dei cavi per le operazioni di carico. All'arrivo in fabbrica, verranno imbarcate le squadre tecniche che si occuperanno delle operazioni di carico dei cavi. Sarà inoltre caricato a bordo ogni altro materiale necessario (CPS, ecc.) per l'installazione. Una volta completato il carico e identificato il porto-locale di supporto al progetto (Porto di Ravenna), che servirà per ulteriori mobilizzazioni locali e come potenziale deposito per i servizi di stoccaggio, si procederà alla fase di test e calibrazioni di tutta la strumentazione necessaria alle operazioni di posa ed installazione.



4.4.2 Trasporto dall'area di stoccaggio al sito di installazione

Le attività di preparazione per l'esecuzione della posa dei cavi marini avranno luogo a tempo debito, prima della fase esecutiva del progetto. Le imbarcazioni che svolgeranno le operazioni saranno:

- una nave posacavi (Cable Laying Vessel - CLV) per la preparazione del percorso, per tutte le indagini associate e le attività di installazione e protezione dei cavi inter-array;
- una nave di supporto (Trenching Support Vessel - TSV) utilizzata per le attività di protezione dei cavi e di ispezione del progetto, nonché per tutti i lavori preparatori necessari, tra cui l'installazione di materassi e la rimozione di massi.

La CLV transiterà verso il luogo in cui saranno fabbricati i cavi, per avviare le attività di mobilitazione e le operazioni di carico. In questa sede sarà caricato a bordo della nave ogni altro materiale necessario, come il sistema di protezione dei cavi.

Al termine del carico la nave si dirigerà in direzione del porto di Ravenna, individuato come porto di mobilitazione locale e, se necessario, come potenziale deposito per i servizi di stoccaggio.

Da qui, la nave posacavi sarà pronta per potersi dirigere verso l'area di installazione ed avviare le operazioni per la posa dei cavi marini.

4.4.3 Operazioni di installazione

4.4.3.1 Lavori di preinstallazione

Una predisposizione, preparazione del percorso dovrà essere effettuata prima di qualsiasi attività di posa del cavo. A seconda delle specifiche, sarà effettuata un'indagine visiva ROV prima della posa del cavo per garantire che il percorso sia libero da detriti ed altri oggetti che potrebbero costituire un pericolo. L'indagine sarà condotta dalla nave posacavi o dalla nave di supporto con un ROV.

In seguito, dalla nave sarà rilasciato in acqua un ancorotto (*grapnel*) lungo le rotte che saranno percorse dai cavi, al fine di garantire che i percorsi selezionati restino liberi, al fondale e nel sottosuolo, da detriti o da altre fonti di pericolo artificiale, così da rendere le successive operazioni di installazione ed interrimento prive di pericoli.

Al fine di ottenere i migliori risultati dall'operazione di rilascio dell'ancorotto, la nave avanzerà molto lentamente, con una velocità pari a circa due nodi. Inoltre, per garantire un adeguato angolo di piombo, la lunghezza della fine metallica sarà pari a 2-3 volte la profondità nel punto.

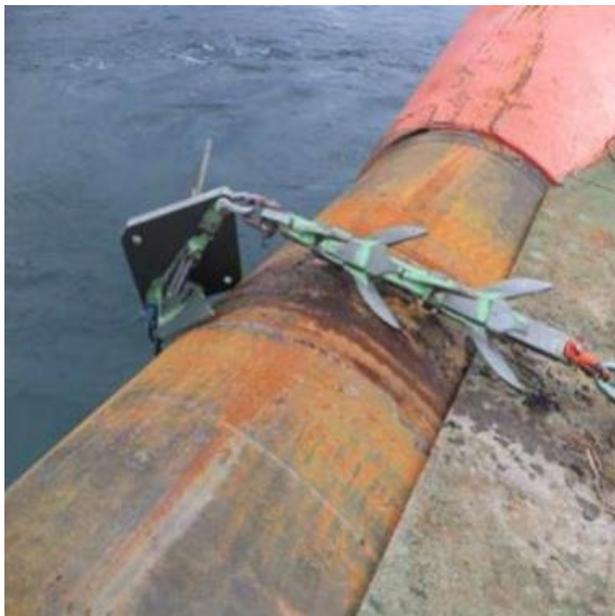


Figura 86: Dettaglio dello strumento utilizzato nelle operazioni di preinstallazione

Nei punti di attraversamento (*crossings*) di una condotta o di un cavo, la corsa dello strumento viene interrotta a distanza di sicurezza e lo strumento sollevato dal fondale. Sarà poi riposizionato a distanza di sicurezza per proseguire con l'attività.

4.4.3.2 *Installazione dei cavi*

Al termine delle attività di preparazione del percorso, si procederà con l'installazione dei cavi. L'installazione di ogni cavo inizierà dalla prima estremità (sia essa una turbina o la sottostazione), seguita dalla posa libera del cavo lontano dalla struttura.

Per le attività di posa dei cavi di interconnessione tra aerogeneratori a 66 kV, così come degli elettrodotti marini a 220 kV, si prevede di utilizzare una nave posacavi di adeguate dimensioni opportunamente attrezzata. Il cavo verrà interrato per poterlo proteggere da eventuali rischi antropogenici come navigazione e pesca. Per l'interramento sono disponibili diversi metodi, dipendenti principalmente dalle condizioni del terreno:

- Posa e interrimento mediante aratro (plough);
- Posa e interrimento mediante idrogetto (jetting);
- Posa e interrimento con frese meccaniche (mechanical cutters).

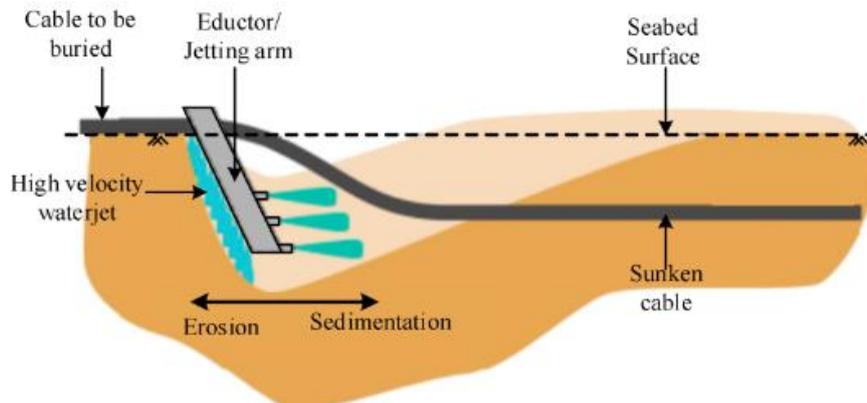


Figura 87: Grafica di funzionamento della tecnica jetting

La soluzione di interrimento tramite modalità *jetting* sarà molto probabilmente la metodologia che verrà utilizzata nella totalità delle linee di cavi marini. Il *jetting* opera dirigendo una serie di getti d'acqua che fluidificano il fondale marino nel caso di terreni privi di coesione (limi e sabbie) e che consentono al cavo di affondare nella sabbia fluidificata. I sedimenti più grossolani (cioè le ghiaie) cadono rapidamente attraverso la colonna d'acqua (lavando via il materiale più fine) lasciando alla base materiale grossolano che impedisce un ulteriore seppellimento (e impedisce un ulteriore seppellimento nei passaggi successivi). Il *jetting* risulta quindi più efficace nelle sabbie fini e nei limi/argille che si fluidificano facilmente e rimangono in sospensione abbastanza a lungo da consentire al cavo di affondare sul fondo della trincea.

Resta comunque inteso che una campagna geotecnica ad hoc verrà pianificata per una completa caratterizzazione dell'area e per valutare la metodologia più adatta per l'interrimento.

L'installazione inizierà con la prima estremità del cavo portato alla piattaforma (sia che si tratti dell'OSS o di un WTG) seguita dalla posa dello stesso cavo dalla struttura verso terra o verso le altre strutture (OSS or WTG).

Una volta posato il cavo e non appena la nave si avvicina all'adiacente struttura (WTG, OSS) o all'approdo, verrà effettuato il calcolo per accertare l'esatta posizione del punto di taglio. Una volta verificate le lunghezze, il cavo verrà tagliato. Dopo aver tagliato il cavo, la sua estremità sarà sigillata per garantirne la protezione e la adeguata preparazione per la fase successiva quale ad esempio il suo inserimento nel J-tube o per i cavi export l'inserimento nella tubazione prevista nell'HDD.

Le pompe montate sui *jetter* regoleranno il flusso d'acqua in base alle condizioni del suolo in situ, al fine di ottenere l'interrimento prestabilito garantendo il minimo disturbo al fondale marino ed ottimizzando i tempi di interrimento.

La profondità della trincea viene generalmente calcolata da una serie di sensori calibrati per calcolare l'esatta posizione / profondità dello strumento di scavo. Ciascuno di questi sensori viene calibrato e sottoposto a verifiche prima di qualsiasi esecuzione dell'attività di interro.



Le pompe montate sui *jetter* regoleranno il flusso d'acqua in base alle condizioni del suolo in situ, al fine di ottenere l'interramento prestabilito garantendo il minimo disturbo al fondale marino ed ottimizzando i tempi di interramento.

La profondità della trincea viene generalmente calcolata da una serie di sensori calibrati per calcolare l'esatta posizione / profondità dello strumento di scavo. Ciascuno di questi sensori viene calibrato e sottoposto a verifiche prima di qualsiasi esecuzione dell'attività di interro.

Le operazioni di installazione dei cavi saranno continuamente monitorate per mezzo del WROV operato dalla CLV.

Dopo la posa libera del cavo e non appena l'imbarcazione si avvicina al punto di arrivo del tratto di cavo in installazione, ad esempio alla turbina adiacente, saranno eseguite delle verifiche per accertare l'esatta posizione del punto di taglio. Una volta verificate le lunghezze e la posizione, si procederà con il taglio del cavo a bordo della nave e la successiva sigillatura per protezione, al termine della quale sarà eseguita la sequenza delle operazioni di *pull-in* (tiraggio) della seconda estremità.



Figura 88: Estremità di cavo tagliato durante le operazioni di installazione

Per l'intera durata delle operazioni, il dispositivo ROV sarà dispiegato dalla nave posacavi e posizionato in prossimità del cavo per monitorarne l'ingresso nei J-tube ed il punto di contatto al suolo, e per le operazioni di posa.



Un sistema di protezione del cavo, come il *bend restrictor* (limitatore di curvatura), sarà installato per garantirne la tutela durante il passaggio dall'interramento nel fondale marino all'ingresso nel J-tube della turbina o delle sottostazioni.

4.4.3.3 Attraversamento di condotte esistenti

La figura seguente mostra la presenza di numerose infrastrutture nell'area di progetto, particolarmente nell'area posta più in prossimità della costa.

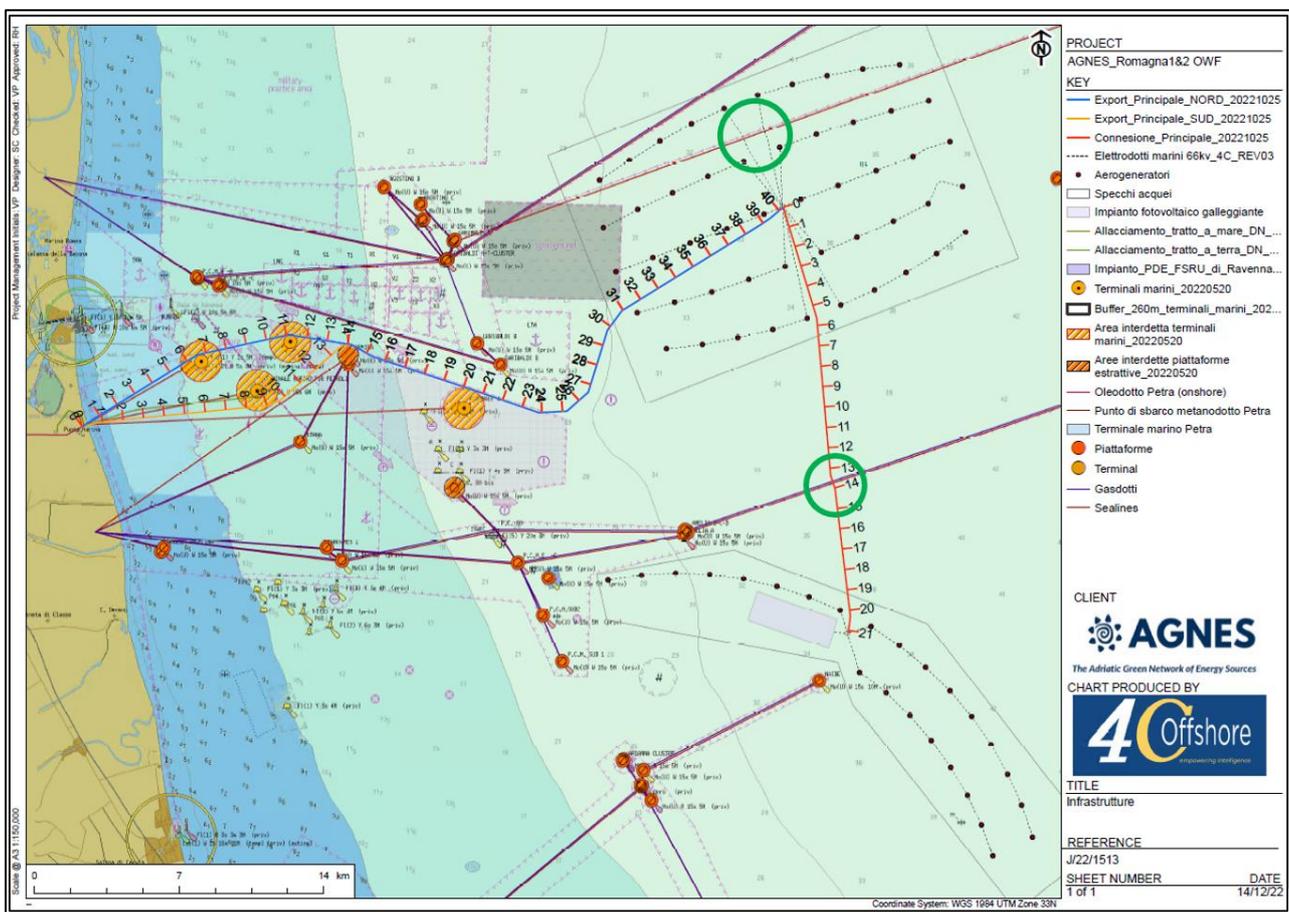


Figura 89: infrastrutture presenti nell'area di progetto con indicazione punti di attraversamento

Il corridoio export principale segue un percorso che consente di annullare le interferenze tra i cavi export del progetto e le infrastrutture esistenti presenti nell'area, principalmente oleodotti e gasdotti che collegano le piattaforme estrattive di gas, terminali petroliferi, alcuni ancora in produzione e altri non più attivi.

Lungo il corridoio di collegamento tra le sottostazioni OSS1 e OSS2 è prevista la posa e l'interramento di due cavi export 220 kV da 500 mm². Attorno al KP 13.7 è previsto un *crossing* con una pipeline di ENI gas-glicole-



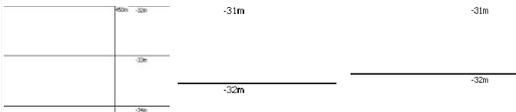
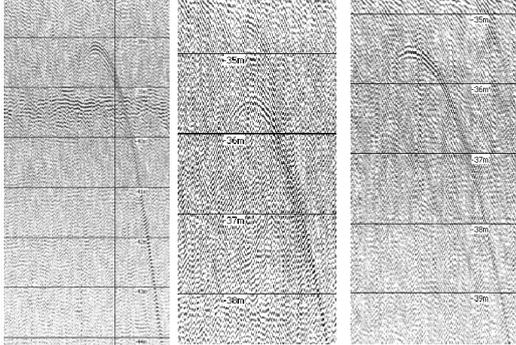
acqua rispettivamente di 10"- 3"- 3", che collega la piattaforma TEA con il cluster di piattaforme AMELIA, in particolare AMELIA B.

Dalle immagini SSS tale pipeline, per quanto visibile, risulta interrata a conferma dei dati SBP, dai quali risulta una profondità di interramento di circa 1.2m.

Analogamente, a nord di Romagna 2, è previsto un *crossing* della pipeline attiva INA in due punti differenti con i cavi inter-array. In questo caso l'interramento risulta visibile da dati SBP e nell'intorno di 1.0m.

In corrispondenza di due punti del percorso dei cavi IAC (*Inter Array Cables*), dovranno essere infatti eseguiti due *crossings* con un gasdotto da 16" che collega le piattaforme Ivana A ed Ivana K con la piattaforma Garibaldi.

Tabella 2: Crossing visibili da immagini SBP (Ref "Report delle indagini geofisiche a mare" Appendice A dello Studio Impatto Ambientale)

Easting	Northing	Linea SPB	Crossing	Profondità di interramento (m)	Immagine
320920	4922130	16_030056	Pipeline ENI - cavo 220kV di connessione Romagna 1 & Romagna2	1.2	
316632	4938822	15_214851	Pipeline INA - cavo 66kV interray (Romagna 2)	1.0	
317706	4939169	15_183826	Pipeline INA - cavo 66kV interray (Romagna 2)	1.0	

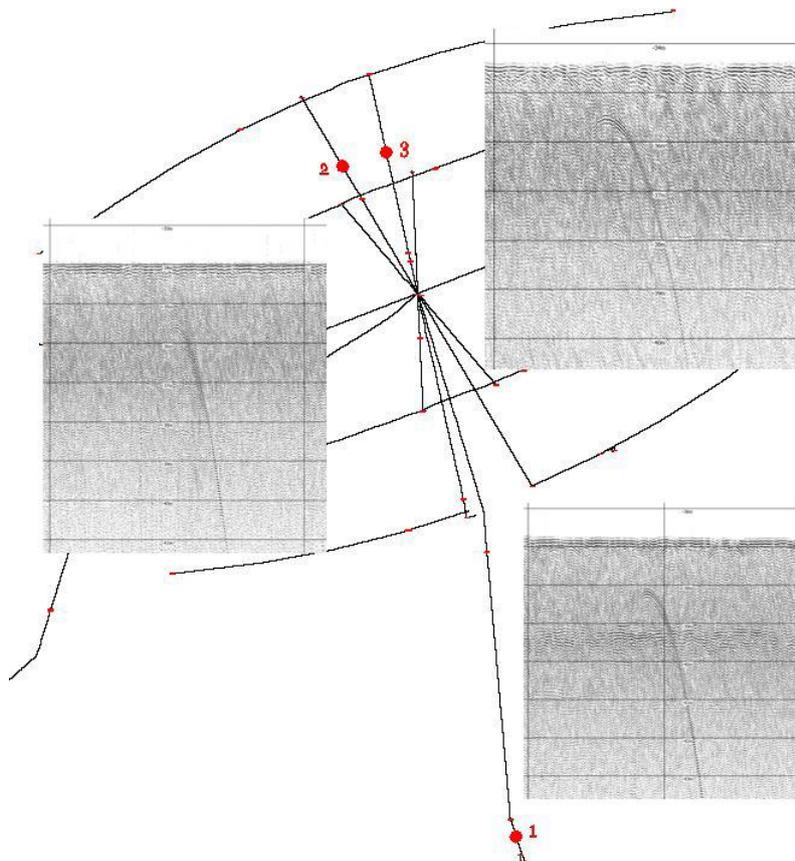


Figura 90: Posizione delle condotte con relative immagini SBP

Per i crossing di progetto elencati, viene considerata una tipologia di crossing di seguito schematizzata. I tipici con dettagli completi vengono presentati negli elaborati con codice AGNROM_EP-D_DIS-IAC-CROSSING e AGNROM_EP-D_DIS-EC-CROSSING.

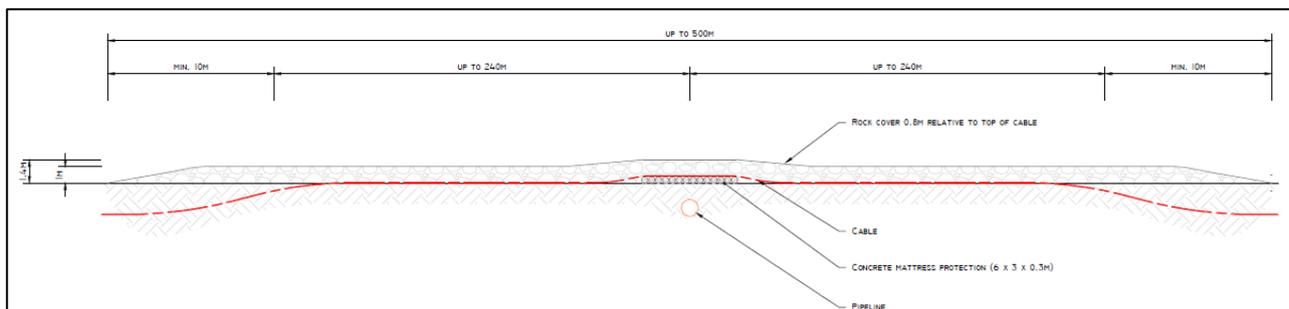


Figura 91: Protezione del crossing con materassi di calcestruzzo e protezioni in roccia

Nonostante le immagini SBP (Sub Bottom Profile) mostrino chiaramente come le pipeline siano ancora completamente interrate in prossimità dei crossing, nel caso in cui nel corso delle future indagini di



preinstallazione le pipeline risultino esposte, anche solo parzialmente, potranno essere considerate ulteriori design di crossing, al momento non previste, come:

- protezione con una copertura di roccia;
- protezione con materassi di calcestruzzo;
- protezione con sistema di protezione tubulare;
- protezione con materassi di calcestruzzo a ponte.

Le diverse soluzioni vengono presentate in tavole separate.

Saranno effettuate le operazioni di installazione dei materassi di pre-posa per preparare gli attraversamenti del percorso dei cavi prima dell'inizio delle attività di posa dei cavi.



Figura 92: Esempio di lancio dei materassi ed installazione

L'installazione dei materassi deve essere eseguita dal CLV o dal TSV attrezzato o un WROV adatto predisposto all'installazione dei materassi, a seconda della profondità esatta di ogni crossing e secondo la tipologia di crossing.

Per una visione di dettaglio dei punti di attraversamento si rimanda alla relazione tecnica specifica "AGNROM_EP-R_REL-CAVI-MARE - Relazione tecnica dei cavi elettrici marini" ed ai tipici con dettagli completi.



Le immagini SBP hanno mostrato chiaramente come le pipeline siano ancora completamente interrato in prossimità dei crossing, nel caso in cui nel corso di future indagini di preinstallazione, le pipeline risultino esposte anche solo parzialmente.

4.4.3.4 Lavori post installazione

I lavori di interrimento del cavo sono basati su una serie di fattori come la composizione del terreno, la sua durezza, la velocità di scavo e numerosi altri fattori geologici e morfologici. Poiché allo stato attuale del progetto non sono disponibili dettagli sulla composizione del terreno saranno di seguito presentati entrambi i metodi:

- Interramento con scavo meccanico (*trenching*);
- Interramento mediante idrogetto (*jetting*).

Il macchinario per lo scavo meccanico viene immerso in acqua e lentamente disposto sul fondale a cavallo del cavo. Una volta posizionato, lo strumento si sposterà verso il punto in cui è previsto l'inizio delle operazioni di interrimento e sarà azionato. La catena di taglio dello strumento sarà azionata ed abbassata, iniziando a scavare la trincea nella quale simultaneamente sarà posizionato il cavo, fino a raggiungere la profondità di interrimento (DOB) richiesta (Figura 93) ed in accordo con "AGNROM_EP-R_CBRA Valutazione dei rischi e definizione del sotterramento degli elettrodotti marini".

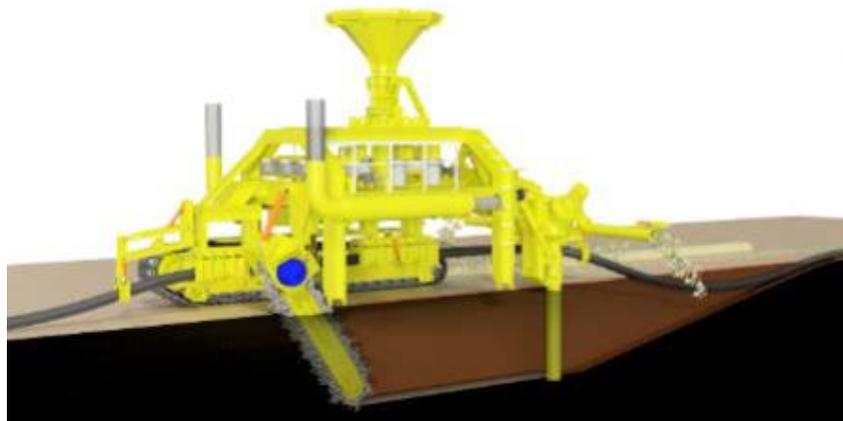


Figura 93: Operazione di interrimento del cavo tramite scavo meccanico

Il macchinario per interrimento mediante idrogetto fluidifica il sedimento del fondale, attraverso l'iniezione di getti d'acqua pressurizzata, creando la trincea all'interno della quale si posiziona il cavo, poi ricoperto dallo stesso materiale in sospensione. Non saranno utilizzati fluidi diversi dall'acqua marina prelevata in situ.

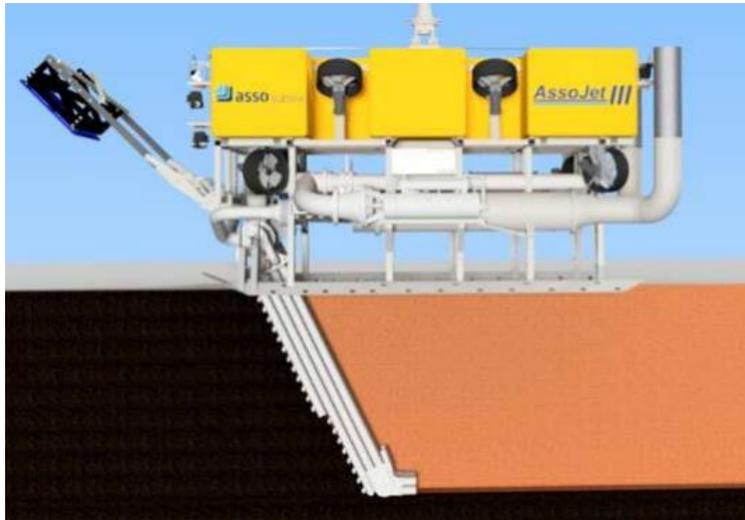


Figura 94: Macchinario per operazione di interrimento mediante idrogetto

A completamento dei lavori di interrimento sarà eseguito un rilievo dello stato di protezione dei cavi lungo il tragitto, per verificare di aver raggiunto la profondità di interrimento necessaria. I rilievi consisteranno in indagini con ecoscandaglio *multibeam* per raccogliere dati batimetrici ed indagini con localizzatore di cavo, per verificare la profondità di interrimento. I rilievi copriranno un corridoio di larghezza sufficiente che includa anche il fondale marino indisturbato durante i lavori di interrimento.

4.5 Opere di approdo

Nel capitolo seguente vengono descritte le principali attività e attrezzature tipiche per l'installazione dei tubi con HDD per approdi terra mare.

Nella fase esecutiva le seguenti attività e attrezzature possono essere modificate rispetto a quanto descritto in base ai vincoli al contorno, alla disponibilità degli spazi forniti e alle procedure utilizzate dall'impresa incaricata.

Di seguito è riportata una tabella che elenca i vari passaggi di ciascuna delle tre principali attività (foro pilota, alesatura, tiro tubazione):



Tabella 3: Schema delle sottofasi dell'HDD

Mobilitazione e preparazione del sito	
Sequenza	Attività
0	Ottenimento permessi, autorizzazioni demaniali e ordinanze specchi d'acqua interessati dalle attività
1	Delimitazione dell'area di cantiere a terra
2	Picchettamento del punto di ingresso a terra e individuazione tramite coordinate del punto di arrivo a mare
3	Verifica presenza sottoservizi potenzialmente interferenti
4	Approvvigionamento idrico
5	Allestimento area di lavoro
6	Preparazione buca di ingresso
7	Posizionamento macchina e allestimento di tutte le connessioni necessarie
8	Controllo sottomarino in prossimità del punto di uscita a mare per controllo eventuali interferenze non rilevate in fase di survey e presenza di vegetazione
9	Verifica e controllo delle attrezzature
Operazione di perforazione HDD	
10	Preparazione delle batterie di aste per l'esecuzione del foro pilota
11	Calibrazione del sistema di guida e realizzazione campo magnetico artificiale (almeno nel tratto a mare)
12	Esecuzione del foro pilota mediante ausilio di fanghi bentonitici
Operazione di alesatura	
13	Operazioni propedeutiche all'installazione degli utensili di alesatura a mare



14	Recupero eventuale fuoriuscita di fanghi bentonitici
15	Collegamento degli utensili preposti all'alesatura del foro
16	Esecuzione 1 st back-reaming (utile per questa perforazione prevedere batteria d'aste posteriore al fine di poter garantire l'alesatura senza soluzione di continuità – opzione da definire anche in funzione delle condizioni meteo marine)
17	Esecuzione 2 st o n back-reaming (sovente sono necessari più passaggi di alesatura per la realizzazione del foro finale)
Installazione di tubi HDPE	
18	Stesa e saldatura delle tubazioni in prossimità della buca di partenza o in area attigua con spazi idonei per la stesa dell'intera stringa da installare. Verifica ed eliminazione di eventuali bavette di saldatura presenti lato interno tubo (opzione eventualmente attivata dal cliente) NB in caso di impossibilità di realizzare l'intero collegamento a terra è possibile realizzare n spezzoni da trasportare via mare in prossimità del punto di uscita provvedendo a saldarli poi insieme da pontone anche se sarebbe preferibile preparare l'intera stringa a terra
19	Installazione di apposita fune messaggera all'interno delle tubazioni
20	Trasporto della stringa di tubazione per galleggiamento via mare in corrispondenza del punto di installazione, mediante barche di supporto
21	Collegamento della tubazione con l'alesatore mediante interposizione di apposito utensile girevole
22	Tiro della tubazione all'interno del foro
23	Scollegamento della tubazione in prossimità della buca di partenza e taglio di extra lunghezze di tubazione con puntuale alesatura degli spigoli (evitare presenza di spigoli vivi alle estremità)
24	Sagomatura delle tubazioni in prossimità del raccordo la Buca giunti terra mare
25	Esecuzione pigging test (opzione eventualmente richiesta dal cliente)



26	Chiusura delle testate delle tubazioni con appositi tappi di protezione
Smobilitazione	
27	Rimozione delle attrezzature
28	Ripristino delle aree interessate dalle lavorazioni incluso smaltimento fanghi di perforazione

L'operazione HDD (*Horizontal Directional Drilling*) sarà eseguita da una macchina di perforazione situata nel punto di ingresso prestabilito dove verrà installato anche il cantiere operativo principale che includerà le necessarie attrezzature ausiliarie. La perforazione del foro pilota verrà eseguita spingendo una testa di perforazione all'interno del terreno con un angolo di ingresso approssimativamente compreso tra 10 e 15°. Un set di aste di perforazione viene aggiunto man mano che la perforazione procede e spinte seguendo un percorso definito.

Il punto di partenza dell'asse di perforazione sarà a circa 1 / 1,5 metri al di sotto del piano di campagna al fine di aumentare la profondità della perforazione in prossimità dei tratti sensibili (presenza interferenze).

Il punto di uscita sottomarino sarà in corrispondenza delle coordinate individuate negli elaborati grafici allegati al Progetto. Una chiatta ("pontone") sarà ormeggiata in prossimità del punto di uscita per assistenza durante tutte le operazioni del drilling (foro pilota, alesatura e tiro della tubazione).

All'uscita del foro pilota verrà collegato l'utensile di alesatura al *rig* di perforazione. L'alesatura del foro pilota si ottiene utilizzando la rotazione del *rig* di perforazione impressa all'alesatura di forma tronco conica che creerà un *anus* di dimensioni idonee al passaggio del tubo o fasci di tubi.

Le sezioni del tubo HDPE saranno collegate a terra mediante saldatura e l'intera lunghezza del tubo verrà trasportata per galleggiamento da barche di assistenza nelle posizioni del foro di uscita. Il tubo verrà quindi tirato attraverso il foro forato fino a raggiungere il foro di ingresso a terra.

La saldatura delle canne dei tubi dovrà essere eseguita in modo tale da evitare il più possibile bavette interne difficilmente rimovibili una volta collegati tutti i tubi.

Quando il tubo HDPE è installato e l'operazione HDD è completata, l'area del foro di perforazione a terra verrà ripristinata alle sue condizioni originali.

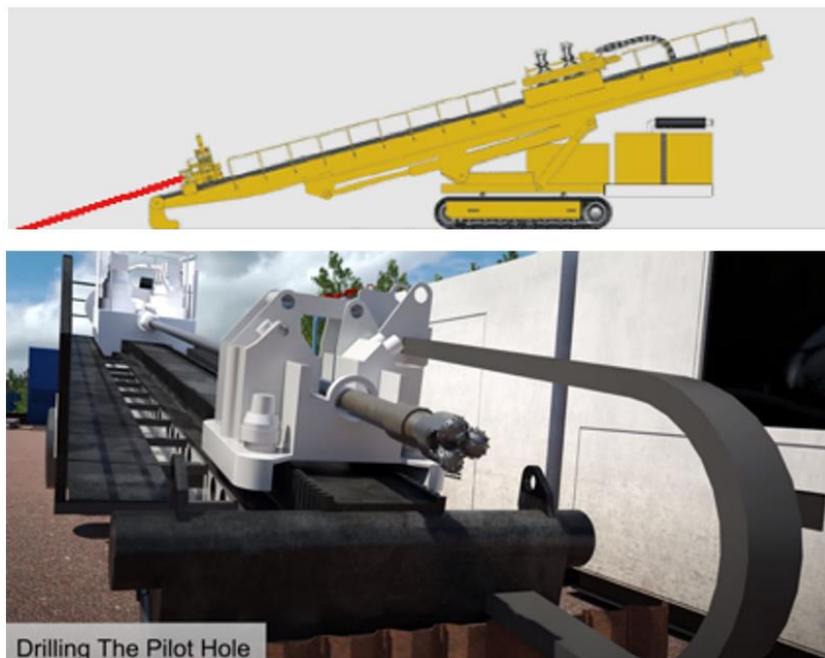


Figura 95: Sezione tipica macchina HDD

Durante le operazioni di perforazione dovrà essere resa disponibile un quantitativo di acqua sufficiente necessario per tutte le operazioni. Generalmente si stima l'impiego di un volume di acqua dolce per la miscelazione del fango di perforazione, indicativamente pari a 2 / 2,5 volte la sezione dell'*anulus* per metro lineare equivalente a valori che possono arrivare fino a 30 m³/h, (anche oltre in caso di fori di grandi dimensioni - valori indicativi che possono variare in funzione della miscela costituita e della velocità di avanzamento). Più fango viene riciclato, minore è il fabbisogno di acqua.

4.5.1 Fase 1 – Esecuzione foro pilota

All'inizio della perforazione del foro pilota, la prima parte del Down Hole Assembly (DHA) è costituita da una punta di perforazione (trapano), opportunamente sagomata e collegata con barre di perforazione amagnetiche, spinte nel terreno con un angolo il cui limite dipende dal tipo di macchina utilizzata (solitamente entro i 15°).

Il fluido di perforazione fluisce nel cosiddetto bit di testa che imprime una rotazione alla punta di perforazione per perforare il terreno. In funzione della tipologia di terreno possono essere utilizzate diverse tipologie di punte a seconda della consistenza del terreno stesso.

Il fluido di perforazione esce dal DHA ad alta pressione e trasporta il materiale "fratturato" attraverso l'*anulus*. Ogni asta di perforazione è seguita da un'altra e il processo continua fino a quando la testa arriva nel punto di uscita predefinito. Il foro pilota avrà un diametro di circa 220 / 250 mm e verrà praticato seguendo il percorso e il profilo di progetto.

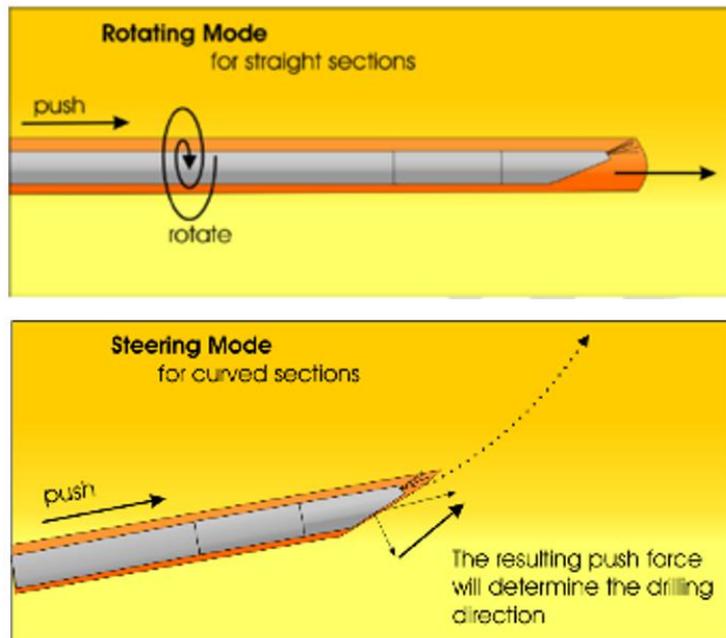


Figura 96: Punta utensile foro pilota

La posizione della testa di perforazione durante l'avanzamento è determinata da un sensore situato direttamente dietro la testa. Il sensore misura un campo magnetico indotto e i dati raccolti dal sensore forniscono l'azimut e l'inclinazione del foro e la posizione rotazionale della punta (ParaTrack).

Al fine di garantire una adeguata calibrazione e guida è necessario creare lungo la traiettoria (o al minimo nel tratto marino) un campo magnetico artificiale mediante stesa in acqua di cavo LV lungo il perimetro interessato dalle traiettorie dei due HDD. Tale cavo sarà ancorato mediante corpi morti sul fondale o a pelo d'acqua collegato a boe segnaletiche posizionate comunque all'interno dello specchio d'acqua concesso per le attività.

Il piano asimmetrico della scarpa direzionale crea un angolo fra l'asse di avanzamento e l'asta di perforazione: se è necessario un cambio di direzione, l'asta di perforazione viene ruotata in modo che il piano asimmetrico coincida con il cambio di direzione desiderato. Quando non sono richiesti cambi di direzione, si procede facendo avanzare e contemporaneamente ruotare l'asta di perforazione: in tal modo l'effetto di deviazione viene ripartito uniformemente su tutta la circonferenza e pertanto si annulla.

Attraverso la lettura dei dati provenienti dal sistema di guida si controlla che la perforazione proceda lungo il percorso prestabilito: nel caso di scostamenti, si apportano le opportune manovre correttive atte a mantenere la perforazione entro tale percorso (*drilling path*).

Il fluido di perforazione da utilizzare per la perforazione è un composto di acqua e bentonite e/o polimeri biodegradabili. Il fluido di perforazione riduce la coppia di perforazione, dà lubrificazione al tubo e fornisce un lavaggio anulare del materiale di perforazione oltre a garantire sostentamento al foro stesso.



Durante il processo di alesatura, il fango rimasto all'interno del foro verrà spinto verso la fossa di partenza, allontanato in apposita vasca di recupero dove potrà essere recuperato e/o immediatamente smaltito.

È opportuno rivestire la fossa di perforazione di adeguato tessuto plastico o similare per evitare eventuali dispersioni dei fanghi.

Le aree preposte alla buca di partenza dovranno essere di dimensioni adeguate e idonee all'installazione di tutte le attrezzature necessarie per la gestione di tutte le fasi previste, con particolare attenzione al recupero dei fanghi e loro eventuale riutilizzo nel processo di trivellazione.

Nell'immagine seguente è schematizzata una tipica area di cantiere con l'individuazione delle varie postazioni. Resta inteso che sarà cura dell'impresa esecutrice organizzare e gestire adeguatamente gli spazi necessari.

A titolo esemplificativo si riportano di seguito i tipici apprestamenti / attrezzature che si prevede utilizzare in questo genere di HDD:

- Macchina di perforazione
- Batterie aste
- Approvvigionamento acqua
- Unità riciclo fanghi e miscelazione
- Unità raccolta fanghi
- Unità di pompaggio
- Unità utensili di ricambio / fasi drilling
- Unità compound / apprestamenti
- Power unit / unità laboratorio
- Stoccaggio fanghi / polimeri per perforazione

Mezzi d'opera a terra:

- Escavatore
- Camion con gru
- Carrellone per trasporto attrezzature eventualmente da rimuovere una volta allestito il cantiere
- Rig macchina di perforazione

4.5.2 Fase 2 - Alesatura

Al termine della perforazione, il foro pilota verrà ingrandito a sufficienza per tirare il tubo HDPE. Ciò si ottiene eseguendo una serie di passaggi di pre-alesatura con appositi tools per l'allargamento del foro fino alla dimensione desiderata. Gli strumenti di pre-alesatura sono collegati alla batteria di aste di perforazione nel punto di uscita sottomarino sfruttando il pontone posto a servizio di tutte le attività.

Solitamente, al fine di garantire una maggiore continuità durante le fasi di pre-alesatura una batteria di aste è collegata in continuità anche dietro a ciascun alesatore. Tuttavia, la scelta di tale configurazione dipende



dalle condizioni meteo marine tipiche che si presentano in quanto necessita di assistenza continua a mare che non potrebbe essere garantita in caso di condizioni avverse.

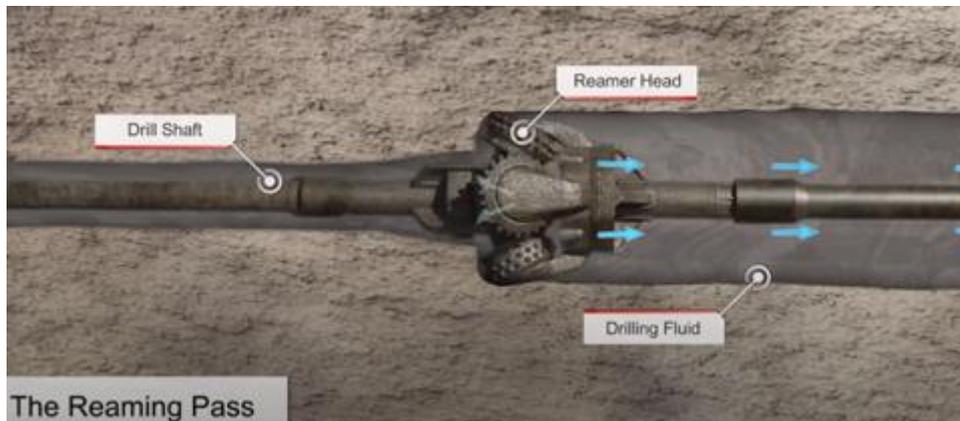


Figura 97: Schema alesatura

Durante la fase di alesatura, l'utensile viene fatto ruotare dalla batteria d'aste e imprime una azione abrasiva finalizzata all'allargamento del foro. Anche la fase di alesatura è costantemente eseguita insufflando fluidi di perforazione per garantire l'adeguata lubrificazione e allontanamento del materiale alesato.

L'operazione di alesatura viene ripetuta fino a ottenere il diametro richiesto del foro, seguendo sempre la stessa linea centrale del foro pilota realizzato precedentemente.



Figura 98: Schema fasi di lavoro

Particolare importanza assumono in questa fase la cosiddetta sovralesatura e la lubrificazione. Per sovralesatura si intende la maggiore dimensione che deve avere il diametro nominale del foro allargato rispetto al diametro nominale esterno della tubazione / fascio di tubi da installare. Essa è necessaria per creare un opportuno distacco tra le pareti del preforo e la tubazione (*annulus*). Questo distacco si rende necessario per una serie di motivi, quali:

- Ridurre l'ampiezza delle aree di contatto tubazione-terreno al fine di ridurre le forze di attrito compressive;



- Permettere il ricircolo dei fluidi di perforazione e, nei casi in cui esso risulti determinante, garantire che vi sia sufficiente spazio perché svolga anche un'azione di sostentamento del foro;
- Permettere che tra tubazione e pareti del perforo, vi sia sempre un'adeguata quantità di agente lubrificante (che nella quasi totalità dei casi è rappresentato dal fluido di perforazione stesso, alle volte opportunamente additivato).

Prima del completamento delle fasi di alesatura, verrà installata all'interno del tubo HDPE una apposita corda, denominata messaggera, di capacità portante minima pari a 4 tonnellate. Le estremità saranno sigillate e testate.

La messaggera in oggetto sarà posizionata all'interno della tubazione e quindi indirettamente trasportata con il tubo durante la fase di tiro.

Il posizionamento della messaggera all'intero della tubazione dovrebbe avvenire dopo la fase di saldatura dei tubi in quanto viceversa si potrebbe correre il rischio di danneggiarla durante la fase di saldatura; pertanto, potranno essere seguite le seguenti fasi:

- Saldatura delle tubazioni con rimozione dei cordoni di saldatura interni ed esterni
- Inserimento fune messaggera all'interno della stringa di tubazioni mediante pallone sparato da compressore ad una delle due testate del tubo
- Recupero e stesa della messaggera lungo l'intera stringa di tubazione
- Collegamento e bloccaggio della messaggera in corrispondenza della testa della tubazione

Prima dell'avvio delle operazioni l'appaltatore incaricato delle attività dovrà produrre apposita procedura che dovrà essere validata dalla Committenza.

4.5.3 Attrezzature off-shore

Come riportato nei paragrafi precedenti le attività a mare saranno assistite da apposito pontone e barche di assistenza.



Figura 99: Pontone tipico e barca di appoggio

Le dimensioni del pontone saranno scelte dall'impresa esecutrice in funzione dell'esperienza acquisita e della lunghezza di perforazione da realizzare.



Le dimensioni tipiche di un pontone possono essere ricavabili da moduli preassemblati. Ipotizzando moduli di 12 x 3 m si ottengono dimensioni tipiche come ad es. 12 x 27, che tuttavia andranno valutate nel dettaglio dall'impresa operante (di seguito schema di un pontone modulabile – dimensioni non vincolanti).

Il pontone solitamente è movimentato da un rimorchiatore a spinta e sarà ancorato lungo la direzione del punto di uscita ad una distanza sufficiente per consentire il recupero delle aste di perforazione e della tubazione lungo la direzione di uscita.

Diversi equipaggi di subacquei certificati supporteranno le operazioni.

In caso di condizioni meteo marine avverse o a discrezione dell'equipaggio operante il pontone sarà ricoverato presso strutture portuali attigue. Al riguardo il vicino porto di Marina di Ravenna che dista 3,32 miglia nautiche offre diverse soluzioni di ricovero che chiaramente dovranno essere preliminarmente concordate con l'autorità competente.

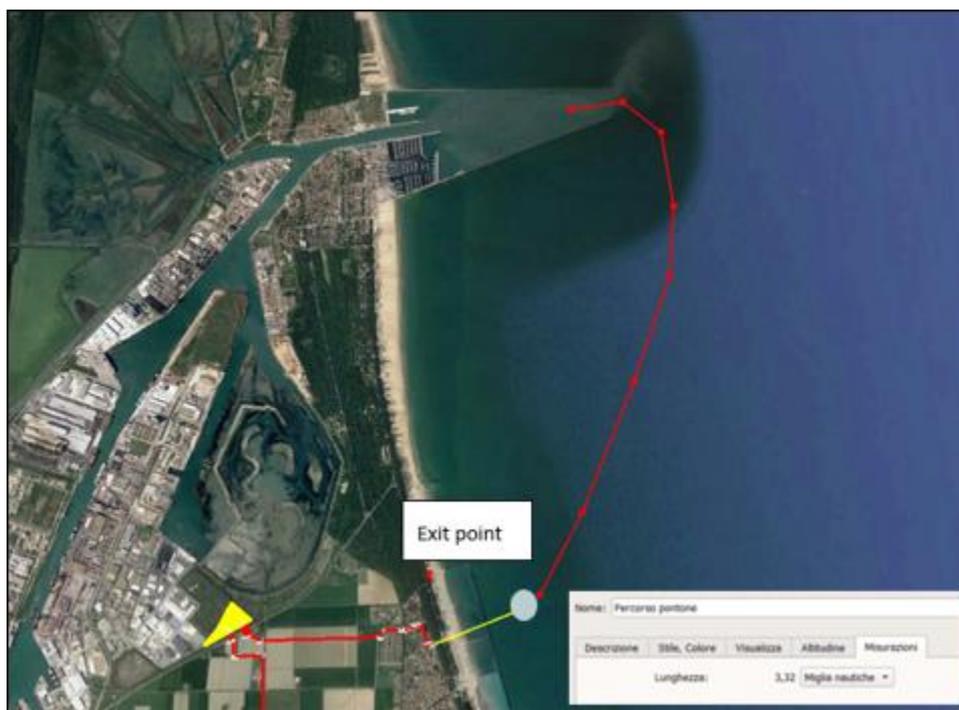


Figura 100: Valutazioni preliminari aree di ricovero imbarcazioni di lavoro

4.5.4 Fase 3 – Tiro tubazione

La fase finale dell'operazione HDD è il pull-back del tubo HDPE attraverso il foro alesato. Durante l'operazione di pull-back, un *reamer* viene collegato al tubo, che ruota e viene tirato verso la macchina utilizzando la circolazione di fluido di fanghi



Figura 101: Schema tiro delle tubazioni

Il collegamento tra il tubo e il *reamer* avviene tramite un utensile girevole, detto *swivel*, per evitare coppia e rotazione. Il tubo / fascio di tubi verrà tirato fino alla buca di ingresso dove sarà poi scollegato dall'utensile e opportunamente raccordato con la tubiera della trincea.



Figura 102: Arrivo tubazione alla buca di partenza

In sintesi, tutte le operazioni sono rappresentate nel seguente schema:

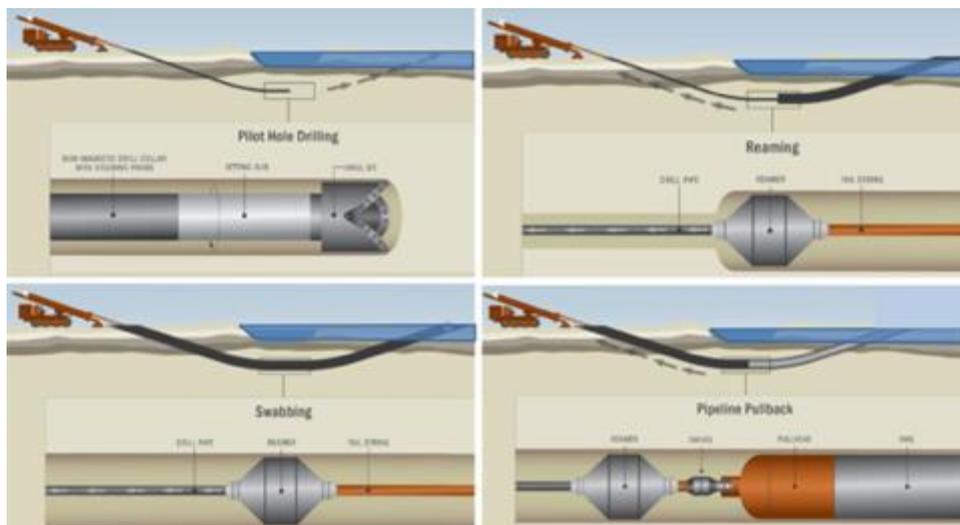


Figura 103: Fasi delle attività

4.5.5 Completamento della linea e smobilitazione

Una volta terminate le operazioni di installazione della tubazione si provvederà ad eliminare le extra lunghezze della tubazione, a sigillare le teste e a ripristinare i luoghi alle condizioni ante operam, compreso una ricognizione nel punto di uscita a mare per verificare eventuale eccedenza di fanghi non ancora smaltiti.

Il troncone a terra sarà poi collegato alla buca giunti Terra mare prevista ubicata in prossimità dell'entry point degli HDD.

Al termine delle attività si procederà alla smobilitazione dell'area.

Al termine della fase di realizzazione del foro pilota le curve possono essere più articolate e meno regolari di quelle ipotizzate in sede di progetto, in quanto, a causa dell'interazione con il terreno, può accadere che l'asse del foro si modifichi.

Durante la fase di avanzamento tutti i dati di perforazione dovranno essere registrati per l'emissione del definitivo "as-built".



5. SICUREZZA NEI CANTIERI PER GLI IMPIANTI ONSHORE

Per quello che concerne i lavori a terra, a garanzia della sicurezza e salute dei lavoratori bisognerà porre attenzione particolare alle attività da svolgere in cantiere e alla pianificazione di esse prima di qualsiasi fase di esercizio. Per questo è d'obbligo predisporre una formazione ai dipendenti in materia di salute e sicurezza negli ambienti lavorativi, come da art. 37 del D.lgs. 81/2008 vigente, così che ci sia consapevolezza e coscienza dei propri doveri. Sarà inoltre necessario individuare gli operatori che prenderanno parte alla realizzazione dell'opera a fine della salvaguardia e sicurezza dei lavoratori coinvolti nel progetto. Fra le figure principali di riferimento riportiamo:

- Personale di primo soccorso e antincendio
- Rappresentate dei lavoratori per la sicurezza
- Medico competente
- Responsabile tecnico di cantiere
- Caposquadra
- Operaio specializzato

La formazione al primo soccorso dovrà essere condotta per coprire adeguatamente i gruppi di forza lavoro. Prima che comincino le attività per la realizzazione dell'opera, tutto il personale coinvolto nelle attività deve essere a conoscenza della persona responsabile dell'intervento di pronto soccorso. Le cassette di pronto soccorso dovranno essere assegnate ai vari locali, uffici, laboratori e luoghi di lavoro. Le posizioni esatte dei kit di pronto soccorso saranno predefinite, contrassegnate e il personale di questi siti informati. All'inizio dell'attività lavorativa, una copia del piano di emergenza con la posizione definita dei Kit di Primo Soccorso dovrà essere consegnata al personale coinvolto.

I dipendenti dell'appaltatore saranno inoltre sottoposti ad una visita medica prima di iniziare a lavorare in loco per verificare che siano adatti al lavoro. I controlli medici di prevenzione periodica devono essere eseguiti, in conformità con la legge, quando il processo di identificazione del pericolo identifica i rischi di malattie professionali, secondo il parere del medico designato. Sarà inoltre obbligatorio redigere idonei piani di emergenza, che dovranno essere sempre presenti sul posto di lavoro insieme a documenti di gestione della sicurezza e salute, in modo tale da poter essere consultati in qualsiasi circostanza.

5.1.1 Allestimento dei cantieri

Tale operazione si articola in diverse fasi che verranno eseguite in modo coordinato e sequenziale nel territorio. Come attività preliminare a quella di scavo e allestimento, si provvederà inoltre a:

- avvisare in anticipo sull'inizio dei lavori gli Uffici Tecnici degli Enti preposti e i vari Utenti del sottosuolo;



- individuare e segnare preventivamente sul terreno i servizi sotterranei esistenti che possono interferire con i lavori, consultando le cartografie degli Enti proprietari/gestori dei sottoservizi. Per la determinazione della corretta sede di posa, in particolare nei tratti ove la cartografia acquisita presso gli enti proprietari della strada e i gestori dei sottoservizi ha messo in luce la presenza di un numero elevato sottoservizi, ulteriori controlli devono essere effettuati utilizzando adeguati strumenti per localizzare e definire eventuali impianti interrati non indicati dalle cartografie (indagini georadar).
- concordare con gli Enti, nell'eventualità di danneggiamenti ai servizi, le modalità di intervento in urgenza, con l'ausilio di imprese specializzate di fiducia degli Enti stessi;
- segnalare il cantiere in conformità al vigente codice;
- richiedere, agli Enti competenti, laddove ritenuto necessario, le autorizzazioni necessarie per la chiusura totale e/o parziale delle strade per il tempo necessario a completare i lavori, facendosi carico delle eventuali prescrizioni degli Enti stessi;
- avvisare in caso di danneggiamento di un servizio, immediatamente l'Ente competente;
- provvedere alla posa ed al mantenimento in perfetta efficienza dei segnali prescritti per legge e dai regolamenti vigenti, nonché dagli usi e dalle norme di prudenza e diligenza;
- osservare tutte le norme specifiche impartite dagli Organi di Polizia del Traffico;
- garantire il passaggio ai mezzi veicolari, anche ricorrendo al senso unico alternato;
- delimitare tutte le aree di lavoro mediante opportune transennature e provvedere alla sorveglianza degli eventuali scavi aperti, secondo le vigenti disposizioni in materia;
- installare adeguate segnalazione semaforiche nei casi di istituzione di sensi unici alternati, richiesti e/o autorizzati dalle Autorità preposte alla viabilità.

Durante l'allestimento di un cantiere inoltre è bene tenere in considerazione non solo aspetti tecnici e di progetto ma anche i cosiddetti rischi *"trasversali o organizzativi"*, che dipendono dagli aspetti di organizzazione del lavoro.

L'organizzazione del lavoro all'interno di un cantiere svolge un ruolo fondamentale per la gestione dei rischi interferenziali dovuti alla presenza di altre aziende e permette di gestire l'intensità del lavoro sia dal punto di vista psicologico che fisico; i lavoratori infatti sono esposti anche a rischi da stress lavoro correlati che riguardano l'aspetto emotivo dei lavoratori e possono incidere sulla concentrazione degli stessi nelle attività lavorative in presenza di rischi per la sicurezza.

5.1.2 Vie di accesso e vie di uscita

Secondo quanto prestabilito da normativa il datore di lavoro provvede affinché le vie di circolazione interne o all'aperto che conducono a uscite o ad uscite di emergenza siano sgombre, allo scopo di consentirne l'utilizzazione in ogni evenienza; ove per vie di emergenza venga inteso un percorso senza ostacoli al deflusso che consente alle persone che occupano un edificio o un locale di raggiungere un luogo sicuro dagli effetti di una situazione di pericolo.



Le vie e le uscite di emergenza devono rimanere sgombre e pulite per poter consentire di raggiungere il più rapidamente possibile un luogo sicuro.

In caso di pericolo tutti i posti di lavoro devono poter essere evacuati rapidamente e in piena sicurezza da parte dei lavoratori. Il numero, la distribuzione e le dimensioni delle vie e delle uscite di emergenza devono essere adeguati alle dimensioni dei luoghi di lavoro, alla loro ubicazione, alla loro destinazione d'uso, alle attrezzature in essi installate, nonché al numero massimo di persone che possono essere presenti in detti luoghi. Qualora le uscite di emergenza siano dotate di porte, queste devono essere apribili nel verso dell'esodo e, qualora siano chiuse, devono poter essere aperte facilmente ed immediatamente da parte di qualsiasi persona che abbia bisogno di utilizzarle in caso di necessità. Le porte delle uscite di emergenza non devono essere chiuse a chiave, se non in casi specificamente autorizzati dall'autorità competente. Nei locali di lavoro e in quelli destinati a deposito inoltre è vietato adibire, quali porte delle uscite di emergenza, le saracinesche a rullo, le porte scorrevoli verticalmente e quelle girevoli su asse centrale. Le vie e le uscite di emergenza che richiedono un'illuminazione devono esserne dotate con intensità sufficiente, tale per cui entri in funzione anche in caso di guasto dell'impianto elettrico. Il calcolo delle dimensioni delle vie di circolazione per persone o merci dovrà basarsi sul numero potenziale degli utenti e sul tipo di impresa. Qualora poi sulle vie di circolazione siano utilizzati mezzi di trasporto, dovrà essere prevista per i pedoni una distanza di sicurezza sufficiente e le vie di circolazione destinate ai suddetti devono passare ad una distanza sufficiente da porte, portoni, passaggi per pedoni, corridoi e scale.

Nella misura in cui l'uso e l'attrezzatura dei locali lo esigano per garantire la protezione dei lavoratori, il tracciato delle vie di circolazione deve essere evidenziato con opportuna segnaletica conforme alla normativa vigente.

5.1.3 Uso di gas

Parliamo di una pratica complessa e delicata riferendoci all'uso e trattazione di gas, poiché comporta una serie di rischi specifici e non indifferenti per i lavoratori. Vanno infatti compiuti, prima di qualsiasi altra operazione, dei sopralluoghi da parte di geologi e fisici. Si può occupare di lavori riguardanti sostanze tali soltanto un personale altamente qualificato, che abbia avuto formazione specifica e in dotazione una strumentazione *ad hoc* per far sì venga protetto da qualunque insidia. I primi rischi riscontrabili in molte delle piattaforme di estrazione riguardano le tubature attraverso cui passano gas e fango. Questi agenti possono incrostarsi e provocare pericoli radiologici. Si può andare in contro all'inalazione e/o all'ingestione di polveri derivanti dalle incrostazioni. Ecco che in questa circostanza i DPI appositi, come le maschere filtranti, risultano essere essenziali. I gas inoltre possono essere di tipo inerte, comburente, infiammabile, tossico e corrosive e di conseguenza comportare ulteriori danni oltre quelli già menzionati come asfissia o incendio o ustioni. Un esempio ancora più esaustivo del rischio è l'utilizzo di bombole per l'immagazzinamento dei gas in utilizzo nel luogo di lavoro. In particolare per la loro forma sono recipienti instabili e possono provocare danni alle



persone e alle cose investite nonché, durante la caduta, riportare danneggiamenti alla valvola: la pressione causata dalla fuoriuscita incontrollata del gas imprime un forte movimento rotatorio alla bombola medesima. Sono quindi misure tutelari dei supporti per ancorare la bombola e renderla stabile, così come l'uso di protezioni quali il cappellotto alla valvola. Altra variabile importante oltre la pressione è la temperatura dei gas che deve sempre rimanere inferiore ai 50 gradi Celsius, misura cautelare rispetto esplosioni. In vista di quanto descritto è necessario quindi disporre le bombole, quando previste, in un ambiente distante da fonti di calore o irraggiamento solare e verificare non vi siano fonti d'innesco.

5.1.4 Deposito carichi e uso dei macchinari

I rischi che possiamo riconoscere durante il deposito dei materiali ed annessi all'uso dei macchinari, sono di svariato tipo. Una breve classificazione dei principali fattori si può riassumere in:

- essere colpiti dal ribaltamento o dalla caduta delle merci;
- inciampare e cadere;
- pericoli connessi all'uso dei mezzi di trasporto.

Al fine di prevenire uno qualsiasi di tali rischi citati si sottolinea l'importanza di utilizzare un metodo di immagazzinamento idoneo per ogni tipo di materiale. Oltre, quindi, alla necessaria segnaletica nel deposito durante le attività servono indicazioni in merito l'altezza massima ammissibile per le cataste, in funzione anche del carico massimo sopportabile senza esercitare forti pressioni. Le cataste devono essere innalzate e disfatte da persone addestrate e formate nel caso sia necessario l'utilizzo di macchinari appositi così da evitare incidenti derivanti dal loro uso, quali: impatto, cesoiamento, taglio, schiacciamento e impigliamento/trascinamento. Si deve invece imporre il divieto di salita su catastali ad ogni lavoratore.

Va tenuto conto poi della natura, del volume e delle possibili reazioni a contatto con altri materiali delle cataste in esame. Durante le fasi di carico e scarico in deposito si è di fronte ad una situazione di movimentazione dei carichi con conseguenti rischi annessi:

- Posizionamento della rampa o della pedana;
- Traino di bancali mediante *transpallets* manuali;
- Spostamento di casse o pallets.

Durante la movimentazione dei carichi, infatti, spesso si incontrano dislivelli e/o irregolarità della pavimentazione di varia natura: rampe, pedane di accesso all'interno dell'esercizio, passaggio all'interno del montacarichi per scendere al piano interrato, ecc. Essi sono elementi importanti nell'analisi del rischio, nelle azioni di traino e spinta che in particolare il datore di lavoro è tenuto ad evitare e, qualora ciò non fosse possibile, deve adottare le misure organizzative necessarie e ricorrere ai mezzi appropriati per ridurre i rischi a livelli tollerabili. Qualora infatti vi siano spostamenti, scarichi, carichi o tiraggi e depositi di carichi che per le loro caratteristiche o in conseguenza delle condizioni ergonomiche sfavorevoli si ha di conseguenza l'insorgere anche un rischio fisico es. dorso- lombare, inciampamento o scivolamento per l'ostruzione alla vista.



5.1.5 Elettrocuzione

Ovunque sia presente una fonte di alimentazione di natura elettrica esiste potenzialmente un rischio di esposizione per gli operatori. Il rischio elettrico è genericamente ovunque diffuso negli ambienti di lavoro, anche se maggiormente in ambienti come quello edile e meccanico. Facendo quindi testo agli obblighi previsti dal capo III del D.Lgs 81/2008 ed in particolare le misure di prevenzione e protezione ascrivibili al Datore di Lavoro di cui all'art 18, gli aspetti relativi alle apparecchiature elettroniche sono piuttosto vasti. Va fatta dapprima una distinzione tra: contatto elettrico diretto, quando la scarica viene trasmessa al corpo direttamente da una fonte di energia, e quello indiretto quando vi è passaggio di corrente attraverso un elemento conduttore (come può essere l'acqua o un metallo). Gli eventuali danni all'organismo che possono verificarsi in seguito ad un incidente di natura elettrica variano in base alla durata dell'esposizione, alla frequenza ed all'intensità della corrente. Alcuni danni per passaggio di corrente possono essere folgorazione, ustioni locali e ipersensibilizzazione. Per questo sarà prima di tutto premura del dipendente il corretto utilizzo delle apparecchiature con l'adozione di adeguati dispositivi tecnici e protezioni (calzature antistatiche, guanti isolanti e simili). Sarà poi obbligo del datore di lavoro la verifica periodica del corretto funzionamento e manutenzione delle componenti dell'impianto.

5.1.6 *Transito dei mezzi pesanti e gestione del traffico*

I supervisor di prima linea devono essere convinti dell'importanza del controllo dei rischi associati alla movimentazione e allo stoccaggio dei materiali e devono essere ritenuti responsabili della formazione dei dipendenti. Difatti la gestione dei materiali, compresa di trasporto, può avere degli effetti significativi sulla sicurezza del sito. L'appaltatore dovrà garantire un adeguato piano del traffico con il fine di garantire la sicurezza dei mezzi, delle attrezzature e del personale operante e la continuità del traffico veicolare nelle aree interessate delle attività.

Lo stoccaggio e la movimentazione dei vari materiali devono essere attentamente studiati per ottimizzare l'utilizzo delle macchine in modo da poter fornire un servizio efficiente e assicurare che tutti gli operatori di veicoli, gru e attrezzature pesanti dispongano di una licenza e di altre certificazioni adeguate come da requisiti specifici locali. La pianificazione delle operazioni di movimentazione dei materiali inizia quando viene elaborato il programma di produzione.

Inoltre, andrà prestata particolare attenzione ai veicoli utilizzati per consegnare materiali e forniture per le attività del sito, in quanto possono comportare un numero maggiore di infortuni e mortalità dovuti a incidenti stradali e nonché a sversamenti di materiali pericolosi trasportati; basti prendere da esempio le manovre di inversione dei camion, che andrebbero ridotte al minimo proprio a partire dalla pianificazione delle operazioni.



Nei cantieri di grandi opere infrastrutturali, i rischi di investimento, oltrech  di collisione tra mezzi, nasce dalla presenza di una molteplicit  di veicoli aventi caratteristiche assai differenti tra loro e da svariate situazioni in cui nello stesso luogo operano e si muovono contemporaneamente pedoni e mezzi. Allora, secondo quanto argomentato, vanno adottate alcune misure per la prevenzione dei lavoratori di cui si riportano alcuni esempi:

- predisposizione di aree e piste atte a garantire condizioni di sicurezza
- presenza di un'adeguata illuminazione diurna e notturna nei luoghi di lavoro e di transito
- adozione di indumenti ad alta visibilit  per i lavoratori e per tutti gli altri soggetti presenti a vario titolo nel cantiere
- Utilizzo di mezzi dotati di idonei sistemi di segnalazione acustica e luminosa sia in condizioni di marcia che in fase operativa e di manovra;
- visibilit  dal posto di guida dei mezzi prevedendo, ove necessario, il supporto di personale a terra per l'esecuzione in sicurezza di operazioni in spazi ristretti o con visibilit  insufficiente;
- segregazione fisica o segnalazione delle lavorazioni rispetto alle vie di transito

Devono infine essere adottate misure idonee ad impedire l'accesso involontario alle aree e alle piste di cantiere da parte di pedoni e mezzi non autorizzati, anche nei periodi in cui non sono in atto lavorazioni.

5.1.7 Locali e servizi igienici

L'appaltatore dovr  mettere in atto un sistema per promuovere, sviluppare e mantenere condizioni di lavoro e di vita sane per tutto il personale sui siti, in conformit  con la legislazione locale, rafforzando gli standard igienici, attraverso una costante sorveglianza dell'igiene del cantiere e della salute del personale e coinvolgendo tutti i dipendenti attraverso specifici corsi di formazione e distribuzione di informazioni.

Le aree del sito dovranno essere opportunamente recintate come ulteriore garante di sicurezza. Il recinto sar  fissato in posizione e mantenuto in buon ordine in ogni momento.

I siti dovranno essere dotati di strutture per uffici containerizzate, adatte a ospitare i lavoratori impegnati nelle attivit  di costruzione. In genere, queste strutture includeranno i seguenti elementi:

- Uffici
- Toilette (comprese docce e lavamani)
- Spogliatoio
- Stanza degli armadi

Inoltre, presso le unit  operative e gli uffici di cantiere saranno posizionate le cassette di primo soccorso ed i relativi numeri di emergenza da contattare.



Vi sono poi degli standard necessari di pulizia all'interno delle strutture ricettive e dei luoghi di lavoro fini alla tutela dei dipendenti e della loro salute in particolare. Ciò significa anche controllare la gestione di rifiuti e immondizie mediante l'implementazione di politiche, piani di lavoro di sicurezza rilevanti. È risaputo che la cattiva gestione delle pulizie (e ciò che ne consegue) su un luogo di lavoro sono una delle principali fonti di incidenti; sarà quindi dovere dell'appaltatore mantenere standard elevati di igiene personale e di pulizia e garantire che tutte le aree di lavoro del progetto e le strutture ricettive siano mantenute pulite e ordinate.

Al fine di contribuire alla sicurezza del lavoro, le seguenti precauzioni dovranno essere rigorosamente rispettate durante le attività di esecuzione del progetto:

- Devono essere previsti punti di raccolta dei rifiuti, pattumiere / cestini dei rifiuti coperti e chiaramente contrassegnati, ecc., in modo da mantenere tutte le aree pulite e in ordine
- I contenitori dei rifiuti straripati, i rifiuti o i materiali lasciati nelle aree non assegnate non saranno tollerati
- La raccolta giornaliera dei rifiuti deve essere organizzata e seguita rigorosamente
- Le vie di accesso alla sicurezza, agli impianti antincendio e alle attrezzature di emergenza devono essere mantenute pulite e non ostruite in ogni momento
- Le scale / le vie di accesso / le strutture di ponteggio devono essere mantenute pulite e libere da tutti i materiali e devono essere adeguatamente illuminate per evitare potenziali rischi di scivolamento / caduta
- Presso le aree riservate al fumo, verranno forniti solo contenitori metallici appropriati per lo smaltimento dei mozziconi di sigaretta. Fumare non sarà tollerato in luoghi diversi da quelli specificatamente designati
- I dispositivi di protezione individuale (DPI) e gli indumenti devono essere tenuti puliti e in condizioni di servizio

5.1.8 *Cartellonistica e segnaletica*

Per segnaletica non deve intendersi solamente quella cartellonistica, ma bensì anche quella acustica, luminosa, gestuale nonché comunicazione verbale. Su questi tipi di segnali è necessario fare formazione ed informazione. La segnaletica di sicurezza, nei luoghi di lavoro, deve essere utilizzata quando i rischi non possono essere evitati o sufficientemente limitati con misure, metodi o sistemi di organizzazione del lavoro. Essa è, infatti, lo strumento più consono per attuare le misure di tutela e di sicurezza per i lavoratori e se tale strumento viene utilizzato correttamente rappresenta uno dei sistemi più efficaci per fare formazione e informazione, direttamente sul posto di lavoro.

Non bisogna dimenticare che la segnaletica deve essere semplice oltretutto chiara così da venire compresa senza indugi al fine di attirare l'attenzione su ciò che può rappresentare un pericolo. Tutti i lavoratori, infatti,



soprattutto quelli poco alfabetizzati o extracomunitari che ancora non hanno dimestichezza con la nostra lingua devono essere messi in grado di interpretare il messaggio di pericolo.

Nelle vicinanze della zona di lavoro, soprattutto nelle zone ove è previsto il passaggio delle persone ed in prossimità delle zone di operazioni dei mezzi meccanici, devono essere collocati gli opportuni cartelli indicatori del pericolo e delle misure di prevenzione da seguire.

In conformità con la norma internazionale UNI EN ISO 7010, i segnali di sicurezza sono misure che consentono di ridurre il rischio di incidenti e prevenire comportamenti non sicuri. I cartelli di sicurezza dovranno essere posizionati in modo da:

- Evitare l'accesso a persone non autorizzate
- Controllare il traffico dei veicoli del sito (in particolare i limiti di velocità)
- Segnali pericoli specifici
- Divieti specifici del segnale
- Osservazioni sui comportamenti obbligatori
- Osservare l'uso di DPI adeguati
- Segnalare la posizione dei kit di pronto soccorso e delle strutture di emergenza
- Devono essere fornite insegne di sicurezza / avvertimento, barricate e dispositivi di illuminazione durante la notte

I segnali di sicurezza sono efficaci quando sono posizionati in zone visibili e sono in buono stato di manutenzione. Occorre però fare attenzione che l'abbondanza non si trasformi in confusione e quindi in "rumore", rendendo dunque inefficace il messaggio che si vuole trasmettere. In genere segnali specifici vanno installati in prossimità delle aree in cui è presente proprio quel rischio specifico mentre la segnaletica su attrezzature e macchine deve essere installata in prossimità del pannello di comando.



Agnes Ravenna Porto nasce all'interno del lotto della vecchia Cassa di Colmata "A" ubicato in prossimità della SS n. 67 Via Trieste; l'area è infatti stata ubicazione di un'isola artificiale per contenere materiale di scavo dragato dal fondale del porto di Ravenna e non compatibile con il ripascimento dell'arenile o altri tipi di impiego.

Il materiale dragato è stato bonificato e lavorato nel corso degli anni per poter essere compatibile con la definizione di "sedimenti" e poter essere asportato dall'area.

A partire da Marzo 2022 è in corso l'attività di rimozione dei sedimenti e risagomatura del terreno dell'ex cassa di colmata, con lavori di asportazione dei terreni che prevedono il passaggio dai +10/12 m.s.l.m.m ad una quota di +1.00 m.s.l.m.m, per poi essere portati alla quota finale di +3.00 m.s.l.m.m con il materiale di riporto proveniente dagli argini della cassa.

L'attività finale, prevista con entro il Q3 del 2023, è la sagomatura finale dell'area con la relativa compattazione di tutto il lotto, comprendendo anche gli attuali argini, a quota finale di +3.00 m.s.l.m.m. Preliminarmente all'avvio del cantiere di costruzione, verranno effettuate nuovamente le analisi chimiche finalizzate alla determinazione del codice CER, alla classificazione del terreno e alla determinazione della destinazione finale del terreno.

Le attività di fabbricazione e installazione dei tre macrosistemi presenti in area Agnes Ravenna Porto procederanno in serie, con le attività di completamento che avverranno in maniera disgiunta.

Mentre la fase preliminare di preparazione del terreno tramite scavi e la preparazione del cantiere avverrà per l'area in toto, la realizzazione delle opere civili per la sottostazione di conversione elettrica avranno la priorità, così come le successive installazioni degli impianti e la finitura impiantistica.

L'impianto di stoccaggio dell'energia, richiedendo tempistiche più brevi poiché composto da impiantistica modulare da installare una volta completate le attività di preparazione del terreno, sarà realizzato durante le fasi conclusive di completamento della sottostazione di conversione.

L'impianto di produzione e stoccaggio di idrogeno invece, avrà tempistiche realizzative successive al completamento dei due sistemi elettrici dettagliati in precedenza.



Figura 105: Rendering dell'area Agnes Ravenna Porto

Come descritto in precedenza, allo stato iniziale l'area presenta una quota variabile con altezza del terreno di riporto anche superiore ai 10.00 m. Le operazioni preliminari prevedono la sistemazione della zona con la formazione di un rilevato posto a quota +2.50 m.

Non essendo ancora conclusi i lavori di esportazione dei sedimenti e di risagomatura del terreno, non è possibile definire la quota del piano di posa delle fondazioni in quanto non sono note le caratteristiche geotecniche dei terreni né sono presenti i calcoli strutturali di dimensionamento delle opere in progetto con l'effettivo posizionamento ed ingombro delle singole apparecchiature.

In fase di progettazione esecutiva si prevede di eseguire idonea campagna di indagine geotecnica atta a determinare i parametri geotecnici necessari per progettare le opere di fondazioni e valutare capacità portante e cedimenti. Date le caratteristiche dei terreni generalmente presenti in tali zone, la precedente destinazione d'uso dell'area e la tipologia di impianti prevista, è presumibile pensare che debbano impiegarsi fondazioni di tipo profondo su pali. Tale tipologia di fondazione scongiurerebbe anche il verificarsi di cedimenti sia assoluti che differenziali che potrebbero non essere compatibili con gli impianti e le apparecchiature previste. A valle di ciò, i vari fabbricati costituenti l'impianto potranno avere ovviamente fondazioni di tipologia differente.



Figura 106: Planimetria di Agnes Ravenna Porto con divisione delle aree

L'area di cantiere sarà costituita dai lotti interessati sull'area Agnes Ravenna Porto, sia per la fase di realizzazione che per la fase di allocazione e stoccaggio materiali, utilizzando le aree perimetrali per lo stoccaggio dei materiali necessari e allocare l'attrezzatura di cantiere.

L'accesso delle aree di cantiere sarà garantito dalla strada perimetrale che verrà realizzata con collegamento diretto a Via Fiorenzi Francesco, prima Via Zani.

Le principali fasi operative di realizzazione delle opere sono illustrate in seguito:

- Verifiche strumentali preliminari, recinzione delle aree di cantiere e preparazione alle attività con posizionamento dei baraccamenti e delle aree di stoccaggio, così come la preparazione delle aree temporanee di cantiere



- Realizzazione della viabilità di cantiere tramite scarpate e rilevati, regimazione provvisoria delle acque ed eventuale scotico del terreno vegetale, formazione dello strato superficiale delle strade
- Realizzazione delle opere civili con muri perimetrali, predisposizione delle fondazioni degli edifici, dei sostegni, delle apparecchiature elettromeccaniche, delle vasche di trattamento delle acque, realizzazione degli edifici, installazione delle strutture prefabbricate e dell'impiantistica sugli edifici, realizzazione dei cunicoli e del sistema smaltimento acque
- Finiture e impiantistica degli edifici
- Ripristino dell'area con il trasferimento a discarica dei terreni per l'esubero, smontaggio e rimozione della cantieristica temporanea, ripristino geomorfologico e idrologico delle aree temporaneamente occupate, inerbimento e piantumazione sulle scarpate, smontaggio delle recinzioni provvisorie di cantiere, della cartellonistica e di tutti gli elementi accessori per la segnalazione delle aree di lavoro

Le aree interessate dagli impianti saranno sistemate con pavimentazione in calcestruzzo o finitura in ghiaietto, mentre le strade e piazzali di servizio destinati alla circolazione interna e perimetrale, saranno pavimentate con binder e tappetino di usura in conglomerato bituminoso. Le stesse saranno delimitate da cordoli in calcestruzzo prefabbricato.

Per facilitare sia la fase di costruzione che di esercizio dell'impianto e garantire opportuni standard di sicurezza, all'interno dell'area Agnes Ravenna Porto è previsto un sistema di viabilità stradale. La sua configurazione consiste nel percorrere a senso unico il perimetro dell'area, attraversando i lati degli impianti riducendo la probabilità di eventuali incidenti dovuti alla collisione di mezzi che viaggiano in senso opposto. La viabilità sarà dotata di apposita segnaletica verticale ed orizzontale conformemente alle normative vigenti.

Sono presenti due ingressi presidiati/controllati automaticamente, uno a SO e l'altro a NE, entrambi dotati di due rotatorie. Sarà interdetto l'ingresso al personale non autorizzato.

Ogni impianto sarà previsto con adeguate recinzioni perimetrali di tipo cieco, con gli ingressi alle aree che saranno previsti mediante cancello carrabile di tipo scorrevole e cancello pedonale, ambedue inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato.

Passi carrabili e pedonali per l'accesso alle infrastrutture sono stati preliminarmente indicati nelle planimetrie relative all'area e saranno opportunamente progettati in fase di progettazione definitiva.

La raccolta delle acque meteoriche sarà realizzata tramite un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà le acque provenienti da infrastrutture, piazzali, parcheggi, strade composto da tubazioni, vasche di laminazione e/o prima pioggia, pozzi perdenti, ecc.).

Lo smaltimento potrà essere garantito dal collegamento con il sistema fognario che dovrà essere dimensionato per garantire il normale funzionamento del sistema.



L'illuminazione dell'area sarà realizzata al fine di garantire la gestione, manutenzione e la sorveglianza dei vari sistemi anche nelle ore notturne; è quindi indispensabile l'installazione di un sistema di illuminazione dell'area ove sono presenti le apparecchiature ed i macchinari.

A tale scopo saranno installate una torre faro e paline di illuminazione stradale in numero adeguato a garantire il livello di illuminamento previsto dalle normative di riferimento.

I cunicoli per cavetteria BT e cavi MT saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati, con coperture asportabili carrabili e provvisti di adeguati drenaggi per lo smaltimento delle acque.

Le tubazioni per cavi MT o BT saranno in PVC, serie pesante.

Lungo le tubazioni ed in corrispondenza delle deviazioni di percorso, saranno inseriti pozzetti ispezionabili di opportune dimensioni.

Lo stesso approccio vale per il sistema di tubature che assicurerà tramite condotte la trasmissione e distribuzione di acqua in input, idrogeno e ossigeno in output. I collegamenti tra i sistemi di compressione, di stoccaggio e di utilizzo di idrogeno e ossigeno sarà effettuato tramite tubazioni flessibili armate, resistenti internamente al fluido ed esternamente ad abrasioni, usura e all'inevitabile invecchiamento, in conformità con il D.Lgs 15 febbraio 2016, n.26.

Il dimensionamento delle condotte sarà ottimizzato in base ai valori operativi del sistema in fase esecutiva e alle dimensioni presenti nei sistemi standard *skid mounted* dell'impianto, seguendo le normative ASME B31.12 - 2019 – "Hydrogen piping and pipelines" ed EN 13480.

6.1.1 Sottostazione di conversione elettrica terrestre

La nuova Stazione Elettrica di Trasformazione 220/380 kV, ubicata in area Agnes Ravenna Porto, sorgerà tra l'impianto di accumulo dell'energia elettrica di 50MW/200MWh e l'impianto di produzione e stoccaggio dell'idrogeno verde, mantenendo le prescrizioni e normative di sicurezza e di aree classificate.

La soluzione adottata di tre autotrasformatori 380/220 kV, ciascuno di taglia pari a 400MVA, ottimizza la massima potenza praticabile per macchine trifase con la necessità di garantire il dispacciamento di energia anche nell'ipotesi di fuori servizio per guasto o manutenzione.

La scelta dell'autotrasformatore piuttosto che il trasformatore, apporta benefici sia in termini di costruzione per il minor peso e ingombro, sia in termini di esercizio, assicurando maggiori rendimenti di funzionamento.

Un minor peso ed ingombro degli autotrasformatori rispetto ai trasformatori convenzionali implicano certamente dei vantaggi che si possono tradurre nell'ottimizzazione del layout di stazione e in una conveniente soluzione di installazione delle macchine.



Le costruzioni da realizzare si possono riassumere nei seguenti 3 edifici:

- Edificio SF₆ 220 kV
- Edificio SF₆ 380 kV
- Edificio Elettrico MT/BT e servizi ausiliari

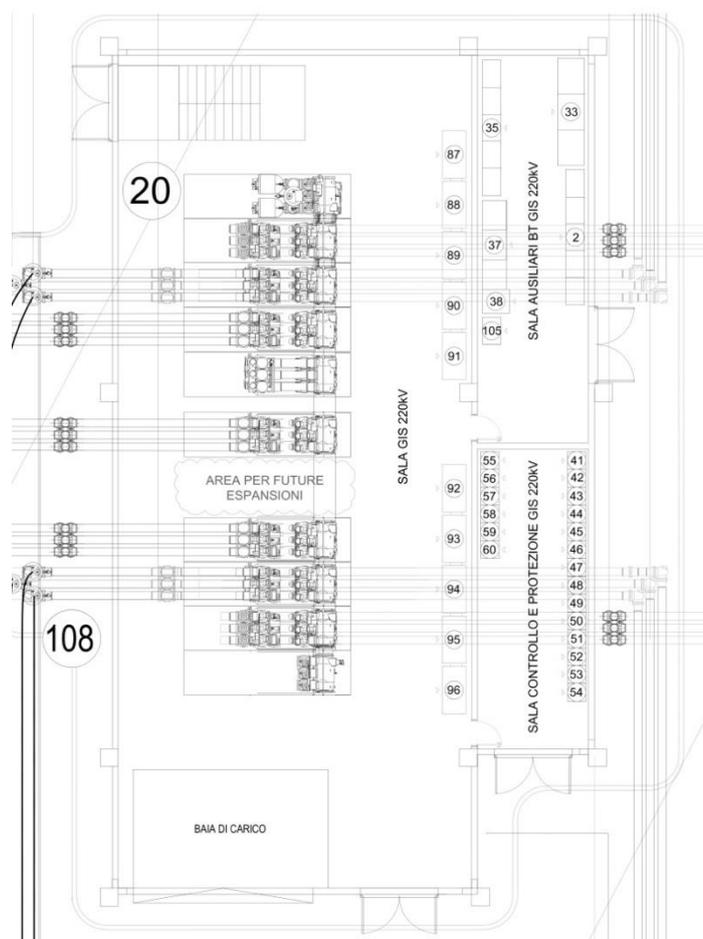


Figura 107: Planimetria Edificio SF₆ 220 kV

L'edificio SF₆ 220 kV è destinato ad accogliere in apposito locale l'apparecchiatura blindata GIS isolata in gas SF₆ 220 kV, il sistema di comando e controllo locale, i relativi condotti sbarre isolati in gas SF₆, il carroponete e la gru per il sollevamento e lo spostamento dell'apparecchiatura blindata. In un secondo locale separato sarà installato il sistema di protezione, comando, controllo dell'apparecchiatura blindata a 220 kV, e in un terzo locale i sistemi ausiliari costituiti dal quadro BT di distribuzione servizi, il quadro UPS di sezione, il quadro di distribuzione luce e prese, batterie e raddrizzatore, il quadro di distribuzione in CC.



Le piazzole per l'installazione delle apparecchiature dovranno essere ricoperte con strato di ghiaione stabilizzato per poter ridurre i valori effettivi di tensione di contatto e di passo in caso di guasto a terra.

La costruzione sarà di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile o di tipo prefabbricato. La quota di calpestio dei locali sarà posta a +0,30 m rispetto al piazzale, definita convenzionalmente a quota 0,00 m. Nei locali contenenti i sistemi di protezione e controllo ed i servizi ausiliari BT sarà previsto il pavimento flottante sopraelevato. Per l'ingresso dei cavi provenienti dai cunicoli o banchi tubi esterni al fabbricato e per i collegamenti tra i diversi locali, saranno previste apposite forature e percorrenze.

La copertura è piana, e sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata.

Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale. Particolare cura sarà osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla Legge n. 373 del 1976 e successivi aggiornamenti nonché alla Legge n. 10 del 1991 e successivi regolamenti di attuazione.

L'accesso da esterno al locale GIS avviene attraverso portoni e porte a doppie ante. L'accesso da esterno ai locali contenenti i sistemi di protezione e controllo ed i sistemi ausiliari avviene da esterno a mezzo porte a doppie ante e da interno, dal locale GIS, attraverso porte a singola anta.

La presenza di batterie ermetiche richiederà che il locale dove sono installate abbia un ricambio di aria adeguato; qualora non sia sufficiente la ventilazione naturale ottenibile tramite aperture sugli infissi, sarà necessario prevedere la ventilazione forzata.

Le stesse soluzioni verranno applicate per l'edificio SF6 380 kV che saranno destinate ad accogliere in apposito locale l'apparecchiatura blindata GIS isolata in gas SF6 380 kV, i sistemi di comando e controllo così come i condotti sbarre isolati, in secondo locale il sistema di protezione, comando, controllo dell'apparecchiatura blindata a 380 kV, ed in un terzo locale i sistemi ausiliari costituiti dal quadro BT di distribuzione servizi, il quadro UPS di sezione, il quadro di distribuzione luce e prese, batterie e raddrizzatore, il quadro di distribuzione in CC.

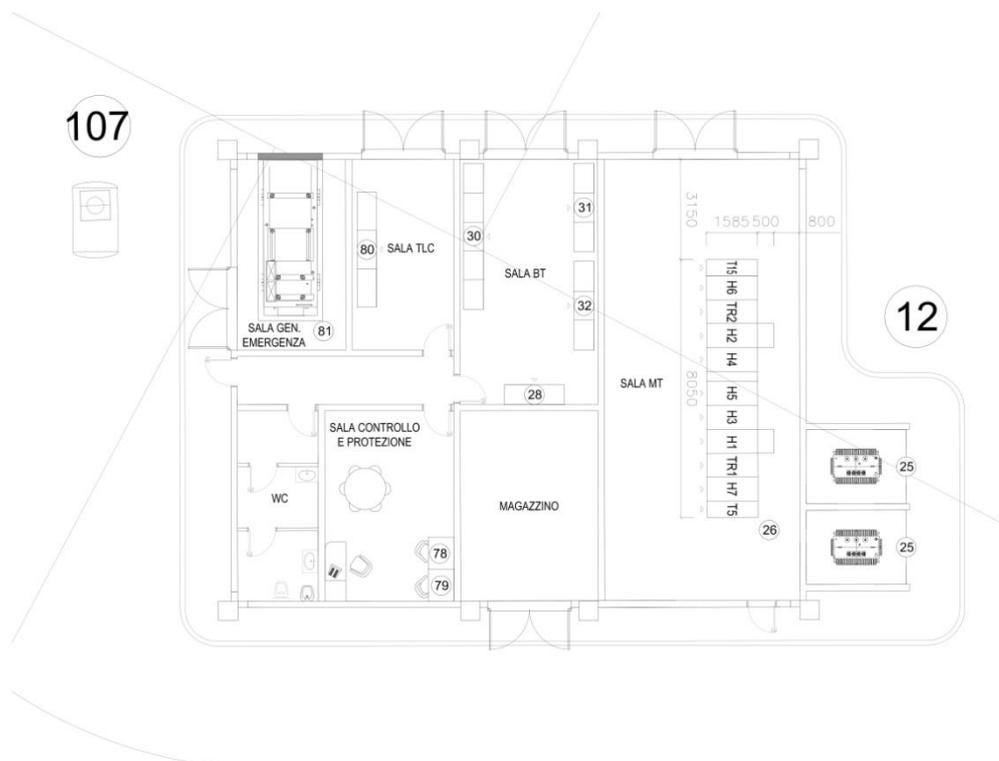


Figura 108: Planimetria Edificio Elettrico MT/BT e Servizi Ausiliari

Il terzo edificio relativo alla media e bassa tensione ed ai servizi ausiliari, è destinato ad accogliere in appositi locali il sistema di protezione, comando, controllo ed automazione della stazione, gli apparati ed i vettori di telecomunicazione per tele protezione, tele conduzione, telecontrollo e monitoraggio da remoto, scada, i quadri BT e comuni, i quadri BT del sistema HVAC, distribuzione luce e FM, il quadro BT del generatore di emergenza, il quadro MT di distribuzione principale, i trasformatori SA MT/BT, il generatore diesel di emergenza, il magazzino ed i servizi per il personale di manutenzione che non presiederà continuativamente l'impianto.

La costruzione sarà di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile o di tipo prefabbricato. La quota di calpestio dei locali sarà posta a +0,30 m rispetto al piazzale, definita convenzionalmente a quota 0,00 m. In alcuni locali sarà previsto il pavimento flottante sopraelevato. Per l'ingresso dei cavi provenienti dai cunicoli o banchi tubi esterni al fabbricato e per i collegamenti tra i diversi locali, saranno previste apposite forature e percorrenze. I percorsi dei cavi MT e BT saranno tra loro separati.

La copertura è piana, e sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata.

Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale. Particolare cura sarà osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla



Legge n. 373 del 1976 e successivi aggiornamenti nonché alla Legge n.10 del 1991 e successivi regolamenti di attuazione.

La presenza del gruppo elettrogeno richiederà che il locale dove è installato sia munito di aperture con griglia per la necessaria ventilazione e raffreddamento dell'apparecchiatura. Particolare attenzione sarà altresì riposta nella segregazione in apposito cunicolo delle tubazioni di adduzione del gasolio connesse al serbatoio ausiliario interrato in area sterna, della capacità di 3.000 litri. Il gruppo elettrogeno sarà introdotto all'interno di opportuno cabinato, posizionato su apposito basamento all'interno del locale, e completo di tutti gli apprestamenti necessari al corretto funzionamento ed alla sicurezza. Il gruppo sarà altresì completo di serbatoio integrato della capacità di circa 120 litri. Il serbatoio ausiliario, necessario per garantire la necessaria autonomia al gruppo elettrogeno, sarà interrato ad una distanza non inferiore ai 3 m dalla parete esterna del locale contenente il gruppo, facente parte dell'Edificio Elettrico.

L'Edificio Elettrico presenta addossati ad una parete perimetrale esterna, i trasformatori ausiliari MT/BT a loro volta contenuti in box prefabbricati con copertura spiovente. I box saranno separati tra loro mediante pareti in muratura, muniti ognuno di cancello metallico di accesso e segregazione di sicurezza e realizzati in modo tale da garantire una adeguata e sufficiente ventilazione naturale per il raffreddamento dei trasformatori.

Le piazzole per l'installazione delle apparecchiature elettriche potranno essere ricoperte con uno strato di ghiaione stabilizzato per poter diminuire i valori di tensione di contatto e di passo effettive in caso di guasto a terra.

6.1.2 Impianto di accumulo energia (BESS)

La fase costruttiva dell'impianto di BESS potrà essere considerata in parallelo con la costruzione della sottostazione di conversione elettrica, mentre l'impianto di produzione e stoccaggio dell'idrogeno verde sarà costruito in una fase temporale successiva all'avviamento degli impianti elettrici.

La fase di costruzione dell'impianto di accumulo energia (BESS) richiede tra i 12 e i 14 mesi di costruzione che corrisponderanno con la fase conclusiva di costruzione della sottostazione elettrica di conversione, la quale richiede una tempistica più lunga di cantierizzazione.

I container contenenti i moduli di batterie arriveranno in cantiere già preassemblati non saranno pertanto necessarie importanti operazioni di installazione dei componenti.

Il cantiere sarà collocato all'interno dell'area recintata e corrispondente all'occupazione dell'impianto, con le aree di lavoro raggiungibili percorrendo la viabilità interna che sarà già presente in Agnes Ravenna Porto.



Il cantiere di realizzazione del sistema BESS prevede essenzialmente attività di carattere elettromeccanico, le lavorazioni di tipo civile saranno di limitata entità e riguarderanno principalmente la realizzazione delle fondazioni del rialzo sul quale saranno posti i container/moduli e dei cunicoli per la posa dei cavi.

Gli scavi per la realizzazione delle fondazioni e dei cunicoli saranno eseguiti mediante escavatori ed autocarri per il trasporto delle terre di scavo, lavori che saranno in concomitanza con la fase di scavo per le fondazioni della sottostazione elettrica.

I mezzi utilizzati per la l'attività saranno ovviamente di vari tipi, ma principalmente si avranno mezzi per lo scavo e la movimentazione terra per la predisposizione del sito, autobetoniere per la fase di realizzazione delle fondazioni, autocarri/autoarticolati per il trasporto di materiali e componenti ed apparecchi di sollevamento per lo scarico e la movimentazione di questi ultimi. La loro tipologia esatta verrà scelta dall'appaltatore che si aggiudicherà i contratti di montaggio.

Essendo le tempistiche di realizzazione dell'impianto BESS "Cronoprogramma generale di costruzione", doc. AGNROM_EP-R_CRONOPROGRAMMA, contemporanee alle attività di costruzione della sottostazione elettrica limitrofa, si dovrà prevedere coordinazione tra i due cantieri.

Essendo le tempistiche necessarie per la costruzione del sistema di accumulo più brevi rispetto a quelle necessarie per la costruzione della sottostazione, il cantiere del BESS per l'installazione dei componenti che avrà durata di circa 6 mesi, sarà contemporaneo ad attività di finitura impiantistica, *mechanical completion* e *commissioning* delle opere comprendenti la sottostazione elettrica, in modo tale da non avere una sovrapposizione troppo impattante sui cantieri limitrofi.

Per quanto riguarda le opere civili da realizzare in opera, queste consistono in fondazioni di tipo a platea idonee a distribuire i carichi del singolo container nel terreno sottostante nel rispetto di capacità portante e cedimenti ammissibili. Le fondazioni saranno progettate nel rispetto delle normative tecniche vigenti contemplando anche il rischio sismico ed un eventuale allagamento (evento improbabile data la morfologia del terreno su cui verrà installato l'impianto).

Il getto in c.a. al di sotto del container funge inoltre da elemento incombustibile non permettendo la crescita di erba o piante potenzialmente pericolose in caso di incendio.

Fra i container deve essere garantita una distanza minima di 3,05 m per consentire le operazioni di manutenzione e garantire una idonea distanza di sicurezza in caso di incendio o rischi simili. La zona dovrà permettere il passaggio di carrelli elevatori ed altri strumenti dediti alla costruzione e manutenzione del sistema.

Successivamente ai necessari check di SAT sulle condizioni dei sistemi dopo il trasporto, l'installazione dei container dovrà assicurare il mantenimento della rigidità del telaio evitando distorsioni alla struttura, con attenzione particolare ad eventuali danneggiamenti alle porte ed alle relative maniglie, a giunti e bulloni.



La procedura operativa da seguire per la fase di installazione dovrà considerare il giusto posizionamento della gru relativamente ai posizionamenti finali dei container sui rack, i quali devono rispettare i requisiti sismici e idrologici dell'area, così come la necessità che la struttura sia sopraelevata per consentire il collegamento elettrico e il terreno limitrofo piatto e abbastanza duro per consentire l'utilizzo del carrello elevatore durante le fasi di manutenzione.

I container giungeranno in cantiere trasportati su camion e, mediante gru, verranno posizionati direttamente sulle platee di fondazione. Il sollevamento avviene tramite imbragature alloggiare in appositi fori disposti nei quattro angoli inferiori. Il fissaggio delle imbragature deve essere effettuato solo sugli angolari inferiori mantenendo una distanza minima di 38 mm dalla faccia esterna.

In conformità alla norma NF ISO 3874, sono necessarie imbragature di 4,30 m di lunghezza per ottenere un angolo di sollevamento di 45 gradi e un'altezza della trave di 60 cm sopra il container, per garantire un sollevamento sicuro e un baricentro centrato.

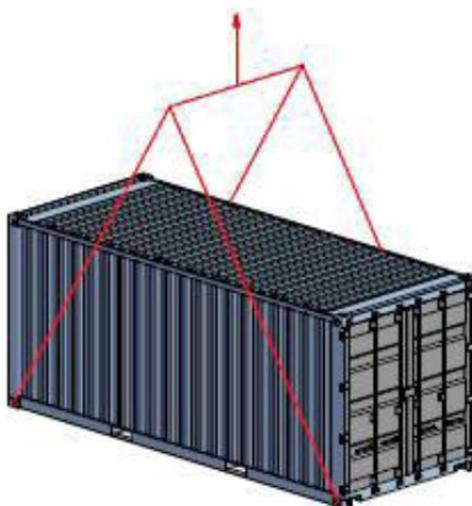


Figura 109: Imbragatura di sollevamento container

Una volta posizionato, è necessario garantire il posizionamento a livello mediante appositi rialzi forniti dal produttore. Questi verranno posizionati ai quattro angoli e al centro dei due lati lunghi, per garantire il miglior livellamento possibile.

Verranno poi installati i seguenti componenti:

- I pannelli anti-esplosione, posizionati sul tetto del container
- I rilevatori di fiamma
- I termometri esterni
- Il sistema di drenaggio dell'acqua



- Gli spruzzatori d'acqua del sistema antincendio
- Sistemi HVAC

Solo dopo aver completato l'installazione di tutti i componenti del sistema, si provvede alla realizzazione dei collegamenti elettrici, delle messe a terra e di tutte le operazioni di cable management. Vengono poi collegati e testati i sistemi antincendio e quelli legati alla connessione con l'esterno.

Verranno poi realizzate delle operazioni di commissioning, per verificare la corretta installazione e costruzione del sistema. Queste operazioni riguarderanno:

- Un controllo dei sistemi antincendio
- Un controllo del funzionamento del sistema HVAC
- Un controllo sull'effettivo funzionamento delle celle, se performano come previsto e reagiscono ai giusti comandi del BMS
- Un controllo sulla ricezione di input esterni
- Una serie di test legati a funzionamenti specifici del sistema, riassunti nella seguente tabella

Tabella 4: Verifiche di corretta installazione

TEST CASE
Start-up
Connection and Precharge
Disconnection under external request
Disconnection of one ESSU under internal fault
Reset alarms
Reconnect Strings that have been disconnected
Charge and discharge the battery system
SOC balancing management between several containers
SOC calibration and Balancing information
Ground Fault detector (optional)
Ground Fault Detection by PCS

Il commissioning e lo start-up dell'impianto avverranno in maniera subordinata allo start-up della sottostazione di conversione elettrica, per una durata stimata di 3 mesi.

La fase di installazione si conclude con la messa in servizio del sistema di controllo hardware e software tramite server di comunicazione, firewall, UPS, router e apparecchiature varie di controllo e comunicazione.



6.1.3 Impianto di idrogeno

6.1.3.1 Costruzione dei componenti in fabbrica

La fabbricazione della componentistica dell'impianto di produzione e stoccaggio di idrogeno verde è prevista nelle relative strutture di produzione dei fornitori, con le strutture containerizzate "skid-mounted" che garantiscono una semplice trasportabilità ed installazione.

A valle della fase di ingegnerizzazione e costruzione della componentistica della durata di circa 18 mesi, si procede con la fase di assemblaggio, pre-commissioning e FAT (test e prove in fabbrica) prima del trasporto in loco.

L'impianto di moduli elettrolitici consiste infatti in skid modularizzati, completamente pre-assemblati, pre-commissionati e testati in fabbrica, i quali possono essere trasportati facilmente via camion, riducendo i lavori di costruzione in sito al minimo, con la finalità di ridurre le tempistiche di start-up dell'impianto.

I sistemi di trasformazione di potenza, rettificatori, sistema di demineralizzazione, sistemi di purificazione e compressione di idrogeno e ossigeno, così come i sistemi di stoccaggio, sono sempre modularizzati in skid e quindi semplicemente da installare in sito.

Questa fase nelle *facilities* dei fornitori richiede fino a 12 mesi, dopo di che avviene il trasporto per via marittima o terrestre, fino all'area di cantiere.

6.1.4 Attività costruttive in Agnes Ravenna Porto

La cantierizzazione dell'impianto di idrogeno prevede una durata di 12 mesi, considerando la preparazione dell'area già avvenuta in fase preliminare, congiuntamente con gli impianti di sottostazione elettrica e impianto di accumulo energia.

L'installazione dei componenti, la costruzione dei sistemi elettrici e idraulici associati, e il commissioning dell'impianto hanno una durata prevista di 10 mensilità, mentre la fase di start-up e accettazione dell'impianto ricopre gli ultimi 2 mesi prima della fase di esercizio.

Si evidenzia come le opere civili quali edifici, muri, pipe rack e tettoie metalliche, sono costituite da strutture ordinarie di non rilevante complessità, pertanto, non necessitano di particolari metodologie costruttive.

Piuttosto semplice risulta essere anche l'installazione degli elettrolizzatori e dei suoi ausiliari, nonché dei compressori e di tutti i macchinari necessari; questi componenti infatti sono preassemblati in fabbrica all'interno di container appositi in maniera tale da semplificare le operazioni di trasporto e di installazione in sito. Pertanto, una volta arrivati nella zona dell'impianto non saranno necessari lavori specifici o complessi per l'installazione se non l'assemblamento dei componenti fra diversi container.



L'impianto di moduli elettrolitici consiste in skid modularizzati, completamente pre-assemblati, pre-commissionati e testati in fabbrica, i quali possono essere trasportati facilmente via camion, riducendo i lavori di costruzione in sito al minimo, con la finalità di ridurre le tempistiche di start-up dell'impianto.

I sistemi di trasformazione di potenza, rettificatori, purificazione e compressione sono sempre modularizzati in skid e quindi semplicemente da installare in sito. Per l'installazione vengono utilizzati apparecchi di sollevamento mobili, mentre non sono previsti lavori di saldatura, essendo presenti connessioni solo flangiate.

Discorso diverso riguarda l'installazione dei componenti di collegamento elettrico, delle pipeline, dei sistemi ausiliari di raffreddamento, aria compressa e degli impianti di sicurezza. L'installazione di questi componenti e la finitura impiantistica sarà invece svolta in loco da operai specializzati e costituisce la fase di installazione più impegnativa dell'impianto. Per i sistemi di *piping* di interconnessione, un'attività di spool verrà considerata, per effettuare i soli lavori di connessione in sito.

Le interconnessioni tramite il sistema di tubazioni saranno quindi realizzate in situ e questo sarà l'unico sistema nel quale sono previste saldature in campo. Le tubazioni garantiranno il trasporto dell'idrogeno prodotto, passando dall'impianto di compressione, fino all'impianto di stoccaggio composto da diversi tank in grado di ospitare un massimo di 14.7 tonnellate di idrogeno pressurizzato.

L'immagazzinamento della percentuale di soluzione elettrolitica (KOH-idrossido di potassio) utilizzata, deve prevedere un serbatoio sotterraneo o in superficie con una vasca, mentre un ulteriore serbatoio è realizzato per la preparazione e l'iniezione del nuovo elettrolita con sistema di pompaggio dedicato.

Un sistema di azoto sarà necessario durante la fase di start-up per poter avviare l'impianto, e successivamente, in fase di esercizio per scopi di spurgo e lavaggio.

Per quanto riguarda lo stoccaggio di idrogeno e ossigeno, l'installazione dei componenti consisterà nell'assemblare elementi già preassemblati in fabbrica e spediti all'interno degli stessi container che fungeranno poi da supporto durante la vita utile del sistema stesso. Il posizionamento dei container all'interno dei singoli box di stoccaggio avverrà tramite gru.

La costruzione e installazione dell'impianto sarà in linea con le normative CE e sarà conforme alle direttive europee di seguito:

- Direttiva macchine: 2006/42/CE
- Direttiva sulla costruzione di attrezzature a pressione: 2014/68/UE e AD2000 (certificazione come assemblaggio)
- Direttiva sulla compatibilità elettromagnetica: 2014/30/UE
- Direttiva atmosfera esplosiva per alcuni componenti (ATEX): 2014/34/EU
- Direttiva bassa tensione: 2014/35/UE

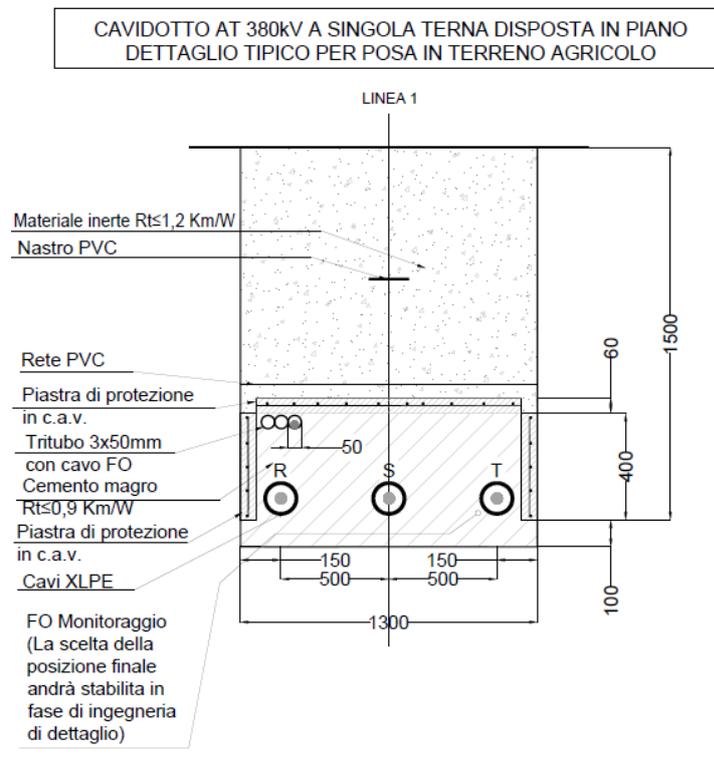


Figura 111: Sezione tipica di scavo e posa elettrodotto 380 kV su strada

Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un tritubo di diametro 50 mm, dove all'interno di un tubo del tritubo verrà installato un cavo con fibre ottiche (FO) da 48 fibre per trasmissione dati e protezioni elettriche delle linee.

Tutti i cavi verranno alloggiati in trincea e ricoperti con sabbia vagliata o cemento magro di idonea resistività termica pari a $\leq 0,9 \text{ km/W}$; la trincea verrà poi riempita di materiale inerte con resistività termica $\leq 1,2 \text{ km/W}$.

Saranno protetti superiormente e sui due fianchi mediante piastre di protezione in c.a.v. e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico in PVC.

La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale inerte.

Nel caso in cui non sia possibile eseguire gli scavi con l'interramento del cavo, in prossimità di particolari attraversamenti di opera esistenti lungo il tracciato (strade, fiumi, ecc.), potrà essere utilizzato il sistema di attraversamento in trenchless, come descritto nella figura di seguito:

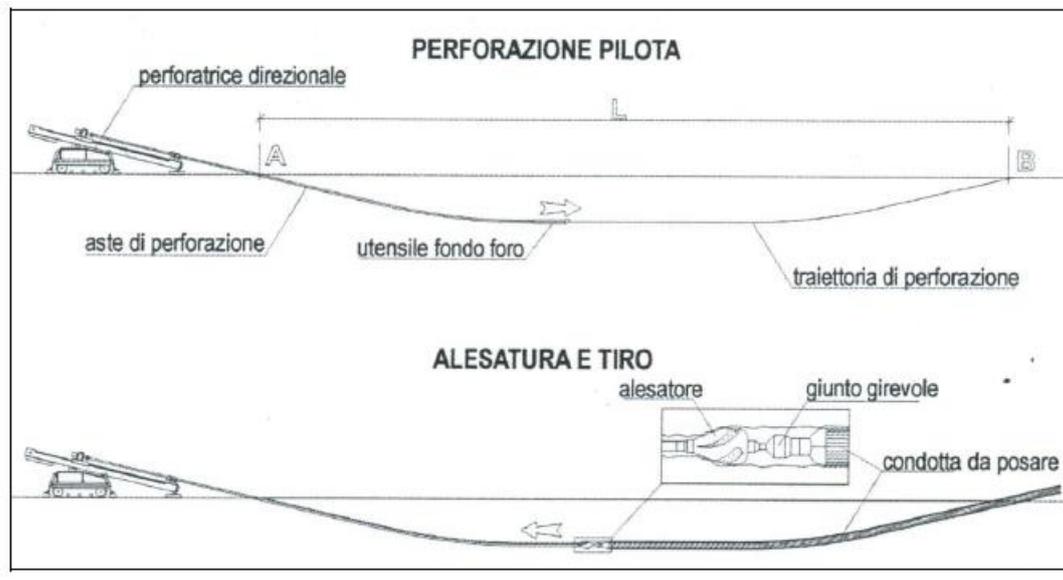


Figura 112: Modalità tipica per attraversamenti con sistema teleguidato di elettrodotto in cavi 380kV

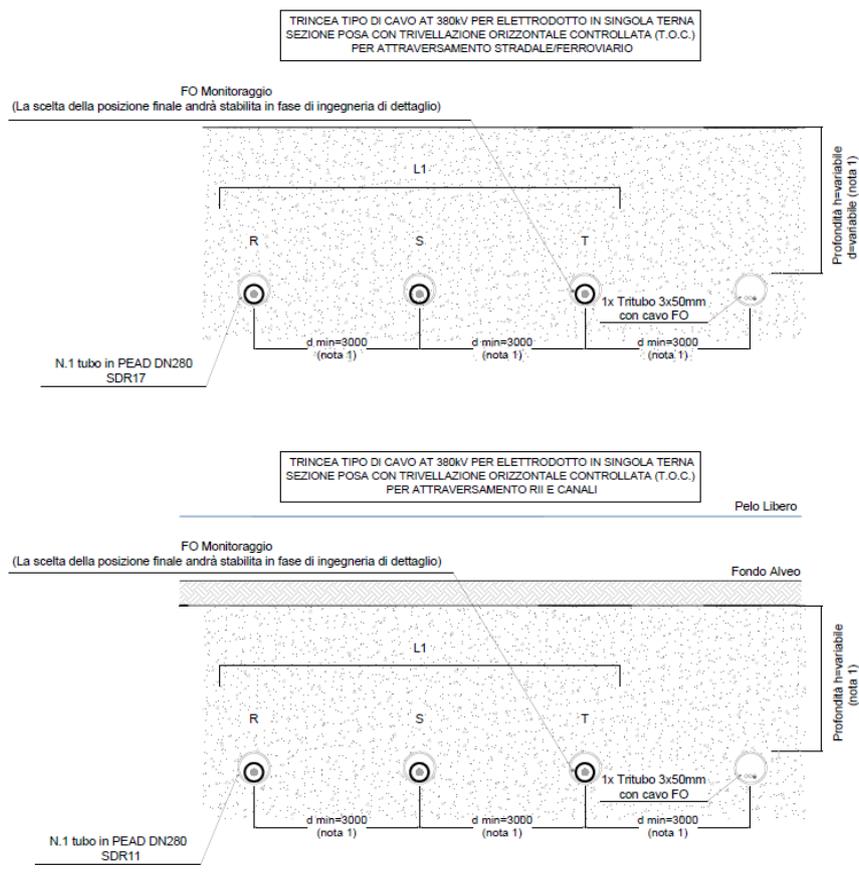


Figura 113 e 114: Sezioni di posa di elettrodotto in cavi 380kV con T.O.C. per attraversamento stradale, ferroviario, rii e canali



Le operazioni di scavo della trincea e di installazione dei cavi richiederanno l'apertura di una pista di lavoro, denominata "area di passaggio". Questa pista dovrà essere il più continua possibile ed avere una larghezza tale, da consentire la buona esecuzione dei lavori ed il transito dei mezzi di servizio e di soccorso.

Per i lavori in oggetto, l'area di passaggio prevista per l'elettrodotto 380kV sarà:

- normale: larghezza complessiva pari a 12,00 m
- su strada: larghezza complessiva pari a 7,00 m

Per quanto riguarda le indicazioni tecnico-descrittive delle fasi di costruzione durante la cantierizzazione, le soluzioni adottate saranno le stesse medesime presentate per i cavidotti interrati da 220 kV.



7. LIMITAZIONI E TEMPISTICHE DI ESECUZIONE ED INSTALLAZIONE

Il presente capitolo è stato aggiunto alla Revione 00 della relazione per riscontrare alla richiesta di integrazione 1.2.f della CT PNRR-PNIEC. In particolare, la richiesta recita:

“Dettagliare le tecniche, i mezzi e i tempi necessari all’installazione e all’allestimento delle torri eoliche specificando, per ciascuna parte, i tempi necessari per l’installazione delle singole componenti di ciascun aerogeneratore, della stazione elettrica offshore, del cavidotto marino, del giunto di transizione tra cavidotto marino e terrestre e del cavidotto terrestre. Per ciascuna componente si dovrà specificare i periodi dell’anno in cui tali lavorazioni non potranno essere effettuate.”

Oltre alle spiegazioni tecniche delle tempistiche e dei fattori limitanti la costruzione descritti nel presente capitolo, sono state allegate a questo documento anche tre appendici, così suddivise:

- Appendice A: tabella riassuntiva per ogni componente offshore di Progetto
- Appendice B: analisi degli eventi estremi d’onda
- Appendice C: analisi degli eventi estremi di vento

7.1 Premessa

Nell’installazione di impianti offshore, spesso può essere poco pratico e antieconomico svolgere operazioni in condizioni ambientali estreme. Pertanto, l’installazione di tali impianti (turbine eoliche, fondazioni, piattaforme solare galleggianti, sottostazioni elettriche, cavidotti marini) dipende fortemente dalle condizioni meteorologiche. Queste installazioni richiedono finestre meteorologiche specifiche, che sono definite da una durata minima e da limiti rigorosi su vari parametri meteorologici. Fissare questi limiti troppo alti può introdurre rischi non percorribili, mentre impostarli troppo bassi può comportare tempi di attesa prolungati, causando ritardi nella pianificazione del Progetto e continuando a introdurre un impatto su ambiente e comunità locale con il dilungarsi delle attività di installazione.

Per garantire la conformità agli standard pertinenti, come ad esempio, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, DNVGL-ST-0054 Trasporto e installazione di impianti eolici, DNVGL-ST-N001 Operazioni marittime e garanzia marittima, ISO 19901-6 2009 Operazioni marittime, ecc., è stato costituito un modello, da revisionare in fase pre-esecutiva dati tutte le informazioni su imbarcazioni, mezzi e strumenti che verranno utilizzati, per ogni impianto (“Package”) del Progetto.

I parametri meteorologici vengono utilizzati per definire le condizioni ambientali. Aderendo a queste linee guida, i rischi e i pericoli possono essere ridotti al minimo a un livello accettabilmente basso (ALARP), garantendo l’esecuzione sicura del progetto.



La determinazione dei requisiti per l'installazione di impianti eolici e fotovoltaici offshore comporta una valutazione approfondita della sensibilità del processo di installazione alle condizioni meteorologiche e oceanografiche. Questo passaggio è fondamentale per garantire la sicurezza degli impianti offshore. I parametri limite sono definiti stabilendo criteri specifici che caratterizzano le condizioni meteorologiche e oceanografiche.

Nel definire tali linee guida, si tiene conto delle caratteristiche di risposta delle navi e delle attrezzature utilizzate durante l'installazione offshore in relazione all'ambiente marino sito-specifico. Ciò garantisce che le linee guida siano adattate alle caratteristiche uniche delle condizioni ambientali del sito.

Le linee guida per limitare i criteri sono stabilite nei capitoli seguenti e dipendono dal tipo e dalla durata del processo di installazione. Queste linee guida comprendono vari fattori, tra cui la visibilità offshore, l'altezza significativa delle onde, la velocità del vento, la corrente, la disponibilità di finestre meteorologiche idonee, ecc.

I parametri selezionati sono stati decretati sulla base di collaborazioni con potenziali fornitori, costruttori, installatori, appaltatori EPCI, pertinenti per ogni impianto, e attraverso una valutazione quantitativa per garantire la sicurezza del personale, delle attrezzature e dell'ambiente per ogni procedura di installazione.

I parametri elencati in tale Capitolo sono valutati in base alle navi e alle attrezzature attuali che potrebbero essere disponibili e applicabili per specifiche attività di installazione offshore. Questi parametri potranno subire modifiche durante la fase di revisione esecutiva, la quale, sulla base dei Contractor selezionati nelle fasi di appalto, le imbarcazioni, i mezzi e le metodologie di installazione potranno variare, con una maggiore capacità di resistenza a condizioni meteomarine estreme.

Lo scopo di tale Capitolo è quindi l'integrazione di una descrizione esaustiva del modello per ogni processo di installazione, con il fine di fornire una linea guida sufficiente per una corretta gestione del Progetto e definire nel modo più preciso possibile i limiti per la valutazione degli impatti diretti e non indiretti sulla comunità locale e sull'ambiente da parte del Progetto.

Tale report si concentra principalmente sulle attività di installazione offshore, poiché quelle più impattanti e più delicate nell'economia generale del Progetto, in termini sia economici che di cronoprogramma.

Verranno descritte in particolare le limitazioni meteorologiche di tutte le procedure corrispondenti all'installazione di componenti offshore, inclusi gli impianti fotovoltaici, gli impianti eolici, e tutti i sistemi di trasmissione elettrica.

La suddivisione di descrizione delle attività inizierà con il processo di load-out dei componenti fino a quando tutti i componenti non saranno installati correttamente, con relativa attività di mechanical completion e commissioning.

La struttura di tale Capitolo è descritta di seguito:



- impianti fotovoltaici galleggianti offshore
- impianti eolici offshore, comprese le turbine eoliche, le sottostrutture e le fondazioni
- installazione delle sottostazioni di conversione elettrica offshore, comprese le sottostrutture, le fondazioni e la parte superiore di *topside*
- installazione dei cavi marini, inclusi cavi di interconnessione e cavi di esportazione

Tutte le seguenti descrizioni delle installazioni offshore relative a ciascun impianto si basano sul presupposto che tutta la preparazione corrispondente agli step di approvvigionamento materiale, costruzione, assemblaggio e trasporto possano essere completati correttamente come da cronoprogramma di Progetto. La fabbricazione di ciascun componente potrà essere terminata e potrà essere consegnata al porto di destinazione o all'area specifica con le tempistiche previste come da accordi contrattuali, in maniera tale che non si verifichino impatti significativi imprevisti e che le navi coinvolte possano entrare e uscire dal porto di riferimento durante il periodo previsto.

7.2 Identificazione dei fattori di limitazione nell'installazione offshore

I fattori di potenziali limitazioni meteorologiche potrebbero essere vari e fortemente dipendenti dal tipo di attrezzatura applicata in diverse attività, tra le quali imbarcazioni jack-up, chiatte (barge), rimorchiatori (tugboat), navi per il sollevamento di carichi pesanti (HLV: heavy lift vessel), gripper per monopalo e componenti che hanno un'elevata resistenza aerodinamica, ma non limitati a quanto sopra.

Le limitazioni corrispondenti per i diversi equipment saranno discusse nei paragrafi successivi, in particolare poiché i fattori predominanti hanno implicazioni dirette rispetto alle apparecchiature e/o dalla combinazione di più apparecchiature, che possono introdurre legami diversi per il funzionamento.

In generale, il valore inferiore rilevato per ciascun package sarà considerato come limite base applicato per la procedura specifica.

Va inoltre chiarito che il valore limite delle condizioni meteorologiche per ogni attività è definito in base all'imbarcazione e all'attrezzatura selezionata. Le imbarcazioni e attrezzature di nuova generazione si stanno sempre più adattando ai carichi e dimensioni per sottostrutture e aerogeneratori dei progetti di eolico offshore attualmente in costruzione o in fase di preparazione per la costruzione, presentando variazioni nelle prestazioni che avranno impatti sulle attività di installazione e relative tempistiche, il che potrebbe introdurre limitazioni molto meno impattanti rispetto alle condizioni meteorologiche con modifiche quindi non trascurabili sulle limitazioni presentate in seguito.

I vincoli dipendono quindi dalla catena di approvvigionamento e selezione dei Contractor che opereranno nelle fasi di installazione. Saranno affrontati i limiti di progettazione dei componenti chiave degli equipment, tra cui le imbarcazioni per il sollevamento pesante, le navi jack-up e le barge.



Tali imbarcazioni hanno schedule compresse e ben specifiche, a partire dalle attività di mobilitazione e demobilizzazione e allineamenti sulle tempistiche tra progetti su diverse aree geografiche, che richiedono una gestione efficace per garantire un processo di installazione senza interruzioni, dato che i costi di “fermo barca” hanno un impatto sostanziale sui budget dei progetti che richiedono installazioni offshore.

7.3 Impianti fotovoltaici offshore

Per le informazioni necessarie a comprendere in maniera esaustiva le operazioni necessarie per le fasi di costruzione, assemblaggio, trasporto al sito di installazione ed infine i metodi di installazione ed ancoraggio delle piattaforme galleggianti, si fa riferimento al Capitolo 4.1.

7.3.1 Limiti meteomarini e finestre meteorologiche per l'impianto solare galleggiante

Di seguito vengono riportati i limiti meteomarini riferiti alle attività di trasporto e installazione degli impianti di fotovoltaico galleggiante.



Tabella 5: Limiti meteomarini e finestre per le procedure tipiche di installazione per i sistemi di ormeggio

WP	Attività di installazione	Imbarcazioni coinvolte	Limiti di lavoro marini non quantificati - Visibilità offshore con illuminazione	Orari (12 ore / 24 ore / solo con luce diurna)	Altezza massima significativa dell'onda (m)	Velocità massima del vento (m/s)	Corrente massima (m/s)	Finestra meteorologica minima (incluso il tempo di emergenza) (h)
Sistema di ormeggio FPV	Load out	1 * gru portuale + 1 * OCV o 1 * HLV	n/a	24 ore su 24	n/a	15	n/a	1
	Trasferimento al sito di installazione	1*OCV o 1*HLV	n/a	24 ore su 24	2	15	0.5	4.5
	Installazione ancore e sistema di ormeggio		1 Miglio Nautico	24 ore su 24	2	15	0.5	2
	Installazione del sistema di boe		n/a	24 ore su 24	n/a	15	n/a	0.5
	Trasferimento alla base logistica portuale		n/a	24 ore su 24	2	15	0.5	4.5



Tabella 6: Procedure tipiche Limite meteorologico e finestra meteorologica per l'installazione delle piattaforme di fotovoltaico

WP	Attività di installazione	Imbarcazioni coinvolte	Limiti di lavoro marini non quantificati - Visibilità offshore con illuminazione	Orari (12 ore / 24 ore / solo con luce diurna)	Altezza massima significativa dell'onda (m)	Velocità massima del vento (m/s)	Corrente massima (m/s)	Finestra meteorologica minima (incluso il tempo di emergenza) (h)
Piattaforma OFPV	Load out	1 * gru portuale o 1 * rimorchiatore	n/a	24 ore su 24	n/a	15	n/a	0.75
	Trasferimento al sito di installazione	2 * Rimorchiatore + 1 *	1 Miglio Nautico	24 ore su 24	1	15	0.5	6
	Installazione ancore e sistema di ormeggio	Rimorchiatore di assistenza	n/a	24 ore su 24	0.5	12	0.5	12
	Installazione del sistema di boe	1 * OCV	1 Miglio Nautico	24 ore su 24	1.5	15	0.5	18
	Trasferimento alla base logistica portuale	2 * Rimorchiatore + 1 * Rimorchiatore di assistenza	1 Miglio Nautico	24 ore su 24	1.5	15	n/a	4.5



7.4 Fondazioni turbine eoliche

Per le informazioni necessarie a comprendere in maniera esaustiva le operazioni necessarie per le fasi di costruzione, trasporto al sito di installazione e installazione stessa di fondazioni, sottostrutture e aerogeneratori, si fa riferimento al Capitolo 4.2.

7.4.1 Ulteriori specifiche sulle metodologie di installazione

Le fondazioni che sorreggono torre, navicella e rotore delle turbine eoliche sono componenti che garantiscono non solo un servizio strutturale ma anche di interfaccia elettrica per il funzionamento della turbina eolica e degli accessori.

Come descritto ampiamente nel Capitolo 4.1 così come nelle relazioni specialistiche “AGNROM_EP-R_REL-FOND-OWT” e “AGNROM_EP-R_CAL-FOND-OWT”, vengono prese in considerazione tre tipologie di fondazione: monopalo, jacket e multipalo “free-piles”.

7.4.2 Monopalo

L'installazione del monopalo avviene con partenza dal *Marshalling Harbor* (Porto di Base), presso il quale vengono organizzate tutte le attrezzature e i materiali necessari per l'installazione. Il processo di installazione prevede i seguenti passaggi:

1. **Caricamento del monopalo:** Il monopalo viene caricato su una nave (barge vessel, nave jack-up o HLV) utilizzando una gru, sia al porto che direttamente sull'imbarcazione;
2. **Trasferimento:** L'imbarcazione, a seconda della tipologia (chiatta semovente o chiatta trainata senza eliche), si sposta quindi verso il sito di installazione;
3. **Posizionamento del monopalo:** una volta raggiunta la posizione di installazione, il monopalo viene capovolto e posizionato secondo le specifiche di progettazione. Tale posizionamento può essere effettuato utilizzando un'imbarcazione jack-up o un HLV;
4. **Infissione del monopalo:** Una volta che il monopalo è posizionato correttamente nel punto di installazione, inizia il processo di infissione “*driving process*”. Un martello idraulico o vibro martello viene utilizzato per guidare il monopalo nel fondale marino. Per garantire un posizionamento preciso e la giusta stabilità, viene impiegato un *gripper* del monopalo di compensazione, il quale compensa i movimenti causati dal movimento dell'imbarcazione, dal vento, dalla corrente e dalle onde;
5. **Mitigazione del rumore:** durante il processo di installazione del monopalo, vengono utilizzate misure come una “copertura con bolle” (*bubble curtain*) o un sistema di smorzamento del suono idroacustico (sistema HSD) per ridurre al minimo l'impatto acustico sulla fauna marina;
6. **Installazione dell'elemento di transizione (TP):** Una volta completata l'operazione di palificazione, l'elemento di transizione (TP) viene sollevato e installato sul monopalo. Questa connessione si ottiene tramite bullonatura o malta;



7. **Installazione degli accessori di “secondary steel” (se senza TP):** se il monopalo è del tipo senza TP (TP-less), i componenti secondari in acciaio vengono installati utilizzando connessioni a bullonatura;
8. **Installazione della copertura temporanea:** una copertura temporanea dovrà essere installata all'interfaccia della flangia della fondazione, proteggendo la fondazione da oggetti esterni e garantendone l'integrità, prima dell'installazione della torre;
9. **Partenza dall'imbarcazione:** Al termine dell'installazione, l'imbarcazione jack-up viene sollevata e lascia la posizione di installazione. Vale la pena notare che questo passaggio non è necessario se si utilizza una nave per carichi pesanti (HLV).

7.4.3 Jacket

L'installazione del jacket, a differenza della soluzione a monopalo, potrebbe iniziare direttamente nel sito di installazione offshore, poiché la soluzione migliorativa individuata, ed utilizzata spesso in progetti recenti di eolico offshore, prevede la consegna al sito offshore dell'impianto eolico senza stoccaggi nel porto di base.

Il processo seguente prevede però il caricamento dal *Marshalling Harbor* (Porto di Base) per definire l'impatto in casi estremi.

1. **Load Out:** il jacket potrebbe essere stoccato al porto di base per motivazioni di rallentamento sulle fasi di installazione. I componenti della fondazione a jacket, compresa la struttura e i pali (sezioni delle gambe), vengono caricati dagli SPMT su una barge. In questa fase non verrà utilizzata alcuna gru. Il frame di trasporto deve essere dispiegato per fornire una protezione sufficiente durante il trasporto;
2. **Trasporto al sito di installazione:** La chiatta verrà trainata da due rimorchiatori attraverso cavi di rimorchio;
3. **Installazione dei pali:** I pali, che formano le gambe della struttura a jacket, sono azionati idraulicamente nel fondale marino o da vibromartelli. Ciò garantisce che la fondazione del jacket sia saldamente ancorata e stabile sul fondo del mare;
4. **Posizionamento della struttura a jacket:** Utilizzando il sistema HLV e DP di HLV, la struttura viene posizionata con precisione sulla posizione predeterminata sul fondale marino. Il corretto posizionamento è fondamentale per la stabilità e l'allineamento della fondazione;
5. **Connessioni di grouting o saldatura:** Una volta che il jacket è correttamente posizionato rispetto ai pali installati, vengono stabiliti i collegamenti tra i pali e la sovra-struttura. Ciò può comportare il grouting nello spazio tra i pali e le gambe del jacket o la saldatura, a seconda del progetto costruttivo;
6. **Livellamento e stabilizzazione del jacket:** la struttura del jacket può essere livellata e stabilizzata per garantire che sia perfettamente verticale e allineata con i requisiti del Progetto. Questo processo avviene solo se viene introdotta una tipologia di jacket “suction pile”;
7. **Ispezioni e test finali:** verranno infine condotte ispezioni e test rigorosi per garantire l'integrità strutturale e la stabilità della fondazione. Ciò include la valutazione dell'interramento dei pali, la verifica della solidità strutturale e la conferma dell'allineamento.



7.4.4 *Multipalo*

La fondazione multipalo è la terza soluzione che potrebbe essere utilizzata sul Progetto. La soluzione con pali multipli, di diametro simile alle fondazioni del jacket, inseriti nel fondale marino e collegati con un elemento di transizione in calcestruzzo nella parte superiore. Il processo di costruzione prevede i seguenti step:

1. **Load out:** I pali e l'elemento di transizione possono essere caricati su una nave jack-up, su una chiatta o su un HLV. Una gru con una capacità di sollevamento inferiore rispetto alle soluzioni precedenti potrebbe essere sufficiente per questa operazione;
2. **Trasporto al sito di installazione:** Nessuna differenza sostanziale rispetto alle due tipologie di fondazione di cui sopra;
3. **Installazione dei pali:** I pali saranno sollevati, ribaltati, posizionati e infissi su un frame scorrevole con angolo specifico rispetto alla direzione centrale verticale. Verranno applicate misurazioni adeguate per ridurre l'impatto acustico;
4. **Ispezioni:** Verranno condotte ispezioni rigorose per garantire che l'angolo e la profondità dei pali siano eseguiti correttamente;
5. **Elemento di transizione dell'installazione:** Una volta che l'ispezione è conclusa, l'installazione del TP può essere avviata. Il TP viene sollevato e posizionato nella posizione progettata, quindi la connessione viene stabilita mediante saldatura o grouting.

7.4.5 *Limiti meteomarini e finestre meteorologiche per le fondazioni degli impianti eolici*

Di seguito vengono riportati i limiti meteomarini riferiti alle attività di trasporto e installazione per le fondazioni degli aerogeneratori.



Tabella 7: Limiti meteomarini e finestre per le procedure tipiche di installazione delle fondazioni aerogeneratori

WP	Attività di installazione	Imbarcazioni coinvolte	Limiti di lavoro marini non quantificati - Visibilità offshore con illuminazione	Orari (12 ore / 24 ore / solo con luce diurna)	Altezza massima significativa dell'onda (m)	Velocità massima del vento (m/s)	Corrente massima (m/s)	Finestra meteorologica minima (incluso il tempo di emergenza) (h)
Fondazione monopalo	Sollevamento del Marshalling Harbor	1 * Jack-up Vessel / 1 * HLV	n/a	24 ore su 24	n/a	15	n/a	1
	Load Out Monopalo / Jacket & TP / Secondary Steel	1*OCV o 1*HLV	n/a	24 ore su 24	n/a	15	n/a	3.5
	Trasferimento al sito di installazione		1 miglio nautico	24 ore su 24	1.5	15	n/a	6
	Posizionamento dell'imbarcazione Jackup		n/a	24 ore su 24	1.5	15	1	1.5
	Installazione Monopalo	1*Jack-up Vessel / 1*HLV + 1*Hammer + 1*Gripper	n/a	24 ore su 24	1	15	1.5	10
	Installazione TP / Secondary steel	1 * Jack-up Vessel / 1 * HLV	n/a	24 ore su 24	1	15	n/a	10



Fondazione jacket	Jacking down		n/a	24 ore su 24	1.5	15	1	4
	Ritorno al Marshalling Harbor		1 miglio nautico	24 ore su 24	1.5	15	n/a	6
	Installazione dei pali	1*Jack-up Vessel / 1*HLV + 1*Hammer + 1*Gripper	n/a	24 ore su 24	1	15	1.5	10
	Posizionamento sottostruttura Jacket	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	n/a	24 ore su 24	1	15	n/a	8
	Connessione tramite grouting & saldatura		n/a	24 ore su 24	1	15	n/a	9
Fondazione multipalo "free-piles"	Installazione dei pali	1*Jack-up Vessel / 1*HLV + 1*Hammer + 1*Gripper	n/a	24 ore su 24	1	15	1.5	10
	Posizionamento elemento di transizione	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	n/a	24 ore su 24	1	15	n/a	4
	Connessione tramite grouting & saldatura		n/a	24 ore su 24	1	15	n/a	6



7.5 Aerogeneratori

Per le informazioni necessarie a comprendere in maniera esaustiva le operazioni necessarie per le fasi di assemblaggio, trasporto al sito di installazione e installazione dei componenti facenti parte gli aerogeneratori, si fa riferimento al Capitolo 4.2.



Relazione sulle attività di costruzione, installazione e commissioning delle opere

AGNROM_EP-R_REL-EPCI_S

Tabella 8: Limiti meteomari e finestre per le procedure tipiche di installazione dei componenti aerogeneratori

WP	Attività di installazione	Imbarcazioni coinvolte	Limiti di lavoro marini non quantificati - Visibilità offshore con illuminazione	Orari (12 ore / 24 ore / solo con luce diurna)	Altezza massima significativa dell'onda (m)	Velocità massima del vento (m/s)	Corrente massima (m/s)	Finestra meteorologica minima (incluso il tempo di emergenza) (h)
WTG RNA+Torre	Sollevamento del Marshalling Harbor	1 * Jack-up Vessel	n/a	24 ore su 24	n/a	15	n/a	1
	Load Out	1 * Jack-up Vessel / 1 * HLV 1 * Jack-up Vessel	n/a	24 ore su 24	n/a	10	n/a	6
	Trasferimento al sito di installazione	1 * Jack-up Vessel / 1 * HLV	1 miglio nautico	24 ore su 24	1.5	15	n/a	1
	Posizionamento dell'imbarcazione Jack-up	1 * Jack-up Vessel	n/a	24 ore su 24	1.5	15	1	5
	Sollevamento in posizione		n/a	24 ore su 24	1.5	15	1	1.5



Relazione sulle attività di costruzione, installazione e commissioning delle opere

AGNROM_EP-R_REL-EPCI_S

Installazione 1ª Sezione Torre	1 * Jack-up Vessel / 1 * HLV	n/a	24 ore su 24	n/a	10	n/a	4.5
Installazione 2ª Sezione Torre		n/a	24 ore su 24	n/a	10	n/a	3
Installazione 3ª Sezione Torre		n/a	24 ore su 24	n/a	10	n/a	3
Installazione 4a Sezione Torre		n/a	24 ore su 24	n/a	10	n/a	3
Installazione della navicella		n/a	24 ore su 24	n/a	10	n/a	3
Installazione dell'hub		n/a	24 ore su 24	n/a	10	n/a	5
Installazione delle pale		n/a	24 ore su 24	n/a	10	n/a	5
Jacking Down	1 * Jack-up Vessel	n/a	24 ore su 24	1.5	15	1	27
Ritorno al Marshalling Harbor	1 * Jack-up Vessel / 1 * HLV	1 miglio nautico	24 ore su 24	1.5	15	n/a	4



7.6 Sottostazioni di conversione elettrica offshore

Per le informazioni necessarie a comprendere in maniera esaustiva le operazioni necessarie per le fasi di assemblaggio, trasporto al sito di installazione e installazione delle sottostazioni di conversione elettrica offshore, comprendendo sia fondazioni che topside, si fa riferimento al Capitolo 4.3.



Tabella 9: Limiti meteomarini e finestre per le procedure tipiche di installazione per le sottostazioni di conversione elettrica

WP	Attività di installazione	Imbarcazioni coinvolte	Limiti di lavoro marini non quantificati - Visibilità offshore con illuminazione	Orari (12 ore / 24 ore / solo con luce diurna)	Altezza massima significativa dell'onda (m)	Velocità massima del vento (m/s)	Corrente massima (m/s)	Finestra meteorologica minima (incluso il tempo di emergenza) (h)
OSS Monopalo	Load Out	1 * Jack-up Vessel	n/a	24 ore su 24	n/a	15	n/a	3
	Trasporto al sito di installazione	1 * Jack-up Vessel / 1 * Barge Vessel + 2 * Tugboat	1 Miglio Nautico	24 ore su 24	1.5	15	n/a	6
	Posizionamento dell'imbarcazione Jack-up	1 * Jack-up Vessel	n/a	24 ore su 24	1.5	15	1	1
	Sollevamento	1 * Jack-up Vessel	n/a	24 ore su 24	1.5	15	1	4
	Sollevamento e posizionamento del monopalo	1 * Jack-up Vessel + 1 * Gripper	n/a	24 ore su 24	n/a	15	n/a	2



Relazione sulle attività di costruzione, installazione e commissioning delle opere

AGNROM_EP-R_REL-EPCI_S

	Installazione del monopalo	1*Jack-up Vessel + 1*Gripper + 1*Hammer	n/a	24 ore su 24	n/a	15	n/a	5
	Installazione dell'elemento di transizione	1 * Jack-up Vessel	n/a	24 ore su 24	1	15	n/a	3
	Connessione bullonata	n/a	n/a	24 ore su 24	1	15	n/a	2
	Connessione con grouting	Attrezzature per la stuccatura	n/a	24 ore su 24	1	15	n/a	3
	Jacking Down		n/a	24 ore su 24	1.5	15	1	4
	Trasferimento al Marshalling Harbor o alla posizione successiva	1 * Jack-up Vessel	1 Miglio Nautico	24 ore su 24	1.5	15	n/a	6
Jacket OSS	Load Out	1*Barge Vessel + SPMT	n/a	24 ore su 24	n/a	15	n/a	6
	Trasporto al sito di installazione	1 * Barge Vessel + 2 * Rimorchiatore	1 Miglio Nautico	24 ore su 24	1.5	15	0.5	6



Relazione sulle attività di costruzione, installazione e commissioning delle opere

AGNROM_EP-R_REL-EPCI_S

	Posizionamento HLV	1 * HLV	n/a	24 ore su 24	1	15	0.5	1
	Installazione pali	1 * HLV + 1 * Hammer	n/a	24 ore su 24	1	15	n/a	5
	Sollevamento e posizionamento jacket	1 * HLV	n/a	24 ore su 24	1	15	0.5	12
	Connessione con grouting	Attrezzature per la stuccatura	n/a	24 ore su 24	1	15	n/a	6
	Trasferimento al Marshalling Harbor o alla posizione successiva	1 * Barge Vessel + 2 * Rimorchiatore + 1 * HLV	1 Miglio Nautico	24 ore su 24	2	15	0.5	6
Topside OSS	Load Out	1*Barge Vessel + SPMT	n/a	24 ore su 24	n/a	15	n/a	6
	Trasporto al sito di installazione	1 * Barge Vessel + 2 * Rimorchiatore	1 Miglio Nautico	24 ore su 24	1.5	15	0.5	6
	Sollevamento e posizionamento del topside	1 * HLV	n/a	24 ore su 24	1	15	0.5	6



Relazione sulle attività di costruzione, installazione e commissioning delle opere

AGNROM_EP-R_REL-EPCI_S

	Connessione bullonata	n/a	n/a	24 ore su 24	1	15	n/a	2
	Connessione a saldatura	Attrezzature per saldatura	n/a	24 ore su 24	1	12	n/a	2



7.7 Cavi marini offshore

Per le informazioni necessarie a comprendere in maniera esaustiva le operazioni necessarie per le fasi di assemblaggio, trasporto al sito di installazione e installazione dei cavi marini di interconnessione sia dinamici che fissi, e dei cavi marini di esportazione, si fa riferimento al Capitolo 4.4.



Relazione sulle attività di costruzione, installazione e commissioning delle opere

AGNROM_EP-R_REL-EPCI_S

WP	Attività di installazione	Imbarcazioni coinvolte	Limiti di lavoro marini non quantificati - Visibilità offshore con illuminazione	Orari (12 ore / 24 ore / solo con luce diurna)	Altezza massima significativa dell'onda (m)	Velocità massima del vento (m/s)	Corrente massima (m/s)	Finestra meteorologica minima (incluso il tempo di emergenza) (h)
Cavo Inter Array	PLGR	1*CLV/1*TSV	n/a	24 ore su 24	2.5	15	1	6
	Installazione del cavo	1 * CLV	n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	12
	Pull-in del cavo su OSS	1 * Jack-up Vessel	n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	24
	PLB Jetting (incl. controlli di post-sepolitura)	1 * TSV	n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	6
	PLB Trenching	1 * Jack-up Vessel + 1 * Gripper	n/a	24 ore su 24	2.5	15	1	6
	Terminazione e collaudo	1 * ISV	n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	5
	Installazione protezione per i crossings	1 * TSV	n/a	24 ore su 24	1.5	8	1	6



Relazione sulle attività di costruzione, installazione e commissioning delle opere

AGNROM_EP-R_REL-EPCI_S

	Surveys	1 * TSV / 1 * CLV	n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	3
Cavo di esportazione	PLGR	1*CLV/1*TSV	n/a	24 ore su 24	2.5	15	1	6
	Pull-in del cavo su OSS	1 * CLV	n/a	24 ore su 24	1	12	1	12
	Passaggio dei cavi nell'HDD con uscita del condotto	1*CLV/1*TSV	n/a	24 ore su 24	1	12	1	24
	Free-Lay con ROV per TDM	1 * CLV	n/a	24 ore su 24	2.5	15	1	2.5
	Terminazione e collaudo	1 * ISV	n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	6
	Lavori di sepoltura post-installazione	1 * TSV	n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	5
	Installazione protezione su crossings		n/a	24 ore su 24	1.5	8	1	6
	Surveys	1 * TSV / 1 * CLV	n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	3
Cavo dinamico	PLGR	1*CLV/1*TSV	n/a	24 ore su 24	2.5	15	1	6



Relazione sulle attività di costruzione, installazione e commissioning delle opere

AGNROM_EP-R_REL-EPCI_S

Trasporto IAC al sito di installazione	1 * CLV	n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	4.5
Free-Lay con ROV per TDM e installazione nella piattaforma flottante		n/a	24 ore su 24	1.5	8	1	12
Trasferimento al porto di base		n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	4.5
PLB Jetting (incl. controlli di post-sepolitura)	1 * TSV	n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	6
Surveys	1 * TSV / 1 * CLV	n/a	24 ore su 24	2.5	12	1	3

Tabella 10: Limiti meteomarini e finestre per le procedure tipiche di installazione per i cavi marini



7.8 Opera di approdo tramite Trivellazione Orizzontale Controllata

Di seguito si riporta una stima sommaria dei tempi per l'esecuzione della perforazione necessaria a garantire il passaggio dei cavi marini di esportazione sotto le barriere frangiflutti, l'area costiera e dunale, così come l'area di approdo della tubazione compresa nel progetto "FSRU" Rigassificatore - Ravenna

L'esecuzione dell'opera di approdo, come visibile nel Cronoprogramma Generale di Costruzione, AGNROM_EP-R_CRONOPROGRAMMA, è stata prevista in periodo invernale, per poter arrecare un minor impatto al luogo che è tipico popolarsi in stagione estiva in relazione alle attività turistiche tipiche della località.

Nel *Gantt* seguente non vengono considerati eventuali imprevisti/vincoli (condizioni meteo marine avverse, altro) che potrebbero occorrere durante le attività e che andranno valutate di volta in volta.

Tabella 11: Cronoprogramma delle attività di HDD

Cronoprogramma di massima per esecuzione 2 HDD																																
Attività / weeks	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17	W18	W19	W20	W21	W22	W23	W24	W25	W26	W27	W28	W29	W30	W31	W32		
Preparazione del sito	■	■																														
Pulizia dell'area e verifica ulteriori servizi interferenti con buca di partenza		■	■																													
HDD1 - Esecuzione foro pilota				■	■	■	■																									
HDD1 - Esecuzione alesature e tiro della tubazione *								■	■	■	■	■	■	■	■																	
HDD2 - Esecuzione foro pilota																■	■	■	■													
HDD2 - Esecuzione alesature e tiro della tubazione *																					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Smobilizzo cantiere	W = settimana																												■	■		

7.9 Operazioni sul comparto terrestre

Le attività rilegate agli impianti terrestri necessitano di operazioni civili ed elettro-meccaniche che non sono soggette a stand-by meteo comparabili con le operazioni offshore.

In caso di condizioni meteo avverse, come periodi prolungati di piogge intense o forti raffiche di vento, sarà a discrezione dei capo-cantieri sospendere le attività per l'incolumità degli operatori e per rispettare gli standard HSE.

Per quanto riguarda le aperture del cantiere su strade pubbliche, l'intenzione della Proponente sarà quella di minimizzare l'impatto sulla viabilità locale e su eventuali chiusure che potrebbero creare disagi.

Misure di precauzione verranno prese in collaborazione con il Comune di Ravenna, per poter pianificare gli interventi lungo le strade pubbliche di Punta Marina Terme in periodo invernale, così come per via Canale Molinetto. Le aperture dei cantieri lungo le strade in prossimità di Ravenna verranno concordate con il



Comune per poter minimizzare gli impatti cumulativi con altre attività pianificate dal Comune stesso e che possano richiedere delle chiusure totali o parziali.



8. CRONOPROGRAMMA GENERALE DEI LAVORI

Per riferimenti al cronoprogramma delle attività di costruzione, installazione e commissioning si prega di visionare il “Cronoprogramma generale di costruzione”, doc. AGNROM_EP-R_REL-CRONOPRGM.





APPENDICE A – Dettaglio delle fasi di installazione e condizioni metomarine limite

WP	Installation Activity	Equipment Involved	Unquantified Marine Working Limits - Offshore Visibility Proximate Lighting	Timings (12-hour / 24-hour / Daylight only)	Maximum Significant Wave Height (m)	Maximum Wind Speed (m/s)	Maximum Current (m/s)	Minimum Weather Window (Including Contingency Time) (hour)	Step Duration (h/travel)	Total Construction Duration without Contingency Time (h)	Annual Available Weather Window Percentage %	Remark
FPV Mooring system	Load out	1*Port Crane + 1*OCV or 1*HLV	n/a	24-hour	n/a	15	n/a	1	0.5	312	99.75	The weather window is for one set of mooring system
	Transfer to The Field		n/a	24-hour	2	15	0.5	4.5	3	27	96.86	Suppose one travel can transport 71 sets mooring system
	Deploy Anchor and mooring line	1*OCV or 1*HLV	1 Nautic Mile	24-hour	2	15	0.5	2	2.5	1560	96.86	This weather window considers only for single mooring line
	Installing Bury System		n/a	24-hour	n/a	15	n/a	0.5			99.75	13 Hx4 clusters moored by 48 mooring lines each. Each line length is about 300m
Transfer to The Port		n/a	24-hour	2	15	0.5	4.5	3	27	96.86		
FPV Platform	Load out	1*Port Crane or 1*Tugboat	n/a	24-hour	n/a	15	n/a	0.75	0.5	624	99.75	Consider for one platform
	Towing to Field	2*Towing Tugboat + 1*Assistance Tugboat	1 Nautic Mile	24-hour	1	15	0.5	6	4	750	84.15	96 platforms for each cluster, total 13 clusters
	Offshore connection with pre-installed platform		n/a	24-hour	0.5	12	0.5	12	2	250	57.50	
	Offshore handling of mooring lines, auxiliary lines	1*OCV	1 Nautic Mile	24-hour	1.5	15	0.5	18	2	1248	93.24	The duration is for one mooring line handling
Transfer to base port	1 Nautic Mile	1 Nautic Mile	24-hour	1.5	15	n/a	4.5	3	375	93.24	Follow the local sailing instruction	
Jacking Up Base Port		n/a	24-hour	n/a	15	n/a	1	0.67	16.67	99.75	Only jacking capability concerned	
Load Out Monopile / Jacket & TP / Secondary Steel		n/a	24-hour	n/a	15	n/a	3.5	2.33	175	99.75	The limit is based on the tugger winches capability	
Jacking Down Base Port		n/a	24-hour	n/a	15	n/a	1	0.67	16.67	99.75	Only jacking capability concerned	
WTG Monopile Foundation	Transfer to The Field	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	1 nautical mile	24-hour	1.5	15	n/a	6	4.00	100	93.24	The limit based on seafastening capability and sailing safety requirements. Consider 3 monopile can be transported by jack-up vessel once
	Jack-up Vessel Positioning		n/a	24-hour	1.5	15	1	1.5	1.00	75	93.24	
	Jacking Up In Position		n/a	24-hour	1.5	15	1	4.5	3.00	225	93.24	Limited by vessel DP positioning and jacking design capability
	Positioning Monopile		n/a	24-hour	1	15	1.5	2	1.33	100	84.15	Mainly limited by monopile gripper system
	Driving Monopile	1*Jack-up Vessel / 1*HLV + 1*Hammer + 1*Gripper	n/a	24-hour	1	15	1.5	10	6.67	500	84.15	The min weather window estimated based on the soft sediment seabed condition
	Installation TP/Secondary Steel	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	n/a	24-hour	1	15	n/a	10	6.67	500	84.15	The wind limit is dependent on vessel design capability. Wave limit concerning the TP and boat landing installation
WTG Jacket Foundation	Jacking Down		n/a	24-hour	1.5	15	1	4	2.67	200	93.24	Same as jacking up in field
	Return to Base Port		1 nautical mile	24-hour	1.5	15	n/a	6	4.00	100	93.24	Weather limits are same as transfer to the field
	Piling	1*Jack-up Vessel / 1*HLV + 1*Hammer + 1*Gripper	n/a	24-hour	1	15	1.5	10	6.67	500	84.15	The weather window considered for one jacket positioning piles installation
WTG Multiple Foundation	Jacket positioning	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	n/a	24-hour	1	15	n/a	8	5.33	400	84.15	
	Grouting connection		n/a	24-hour	1	15	n/a	9	6.00	450	84.15	Considering the cement solid till enough stiffness can be provided
	Piling installation	1*Jack-up Vessel / 1*HLV + 1*Hammer + 1*Gripper	n/a	24-hour	1	15	1.5	10	6.67	500	84.15	The weather window considered for single pile installation
WTG RNA+Tower	Transfer piece positioning	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	n/a	24-hour	1	15	n/a	4	2.67	200	84.15	
	Grouting connection & Welding		n/a	24-hour	1	15	n/a	6	4.00	300	84.15	Considering the cement solid till enough stiffness can be provided
	Jacking Up Base Port	1*Jack-up Vessel	n/a	24-hour	n/a	15	n/a	1	0.67	16.67	99.75	Only considered if a jack-up vessel applied
WTG RNA+Tower	Load out	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	n/a	24-hour	n/a	10	n/a	6	10.00	750	90.00	3 WTG load out each time
	Jacking Down Base Port	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	n/a	24-hour	n/a	15	n/a	1	0.67	16.67	99.75	
	Transfer to the site	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	1 nautical mile	24-hour	1.5	15	n/a	5	3.33	88	93.24	3 WTG transported each time
	Jack-up Vessel Positioning	1*Jack-up Vessel	n/a	24-hour	1.5	15	1	1.5	1.00	75	93.24	
	Jacking Up In Position		n/a	24-hour	1.5	15	1	4.5	3.00	225	93.24	
	Installation 1st Tower Section		n/a	24-hour	n/a	10	n/a	3	2.00	150	90.00	The weather limits for lifting by section or by complete tower are same. The wind speed is hub height speed, that could be easily obtained through the anemometer in crane's top
	Installation 2nd Tower Section		n/a	24-hour	n/a	10	n/a	3	2.00	150	90.00	
	Installation 3rd Tower Section		n/a	24-hour	n/a	10	n/a	3	2.00	150	90.00	
	Installation 4th Tower Section		n/a	24-hour	n/a	10	n/a	3	2.00	150	90.00	
	Installation Nacelle	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	n/a	24-hour	n/a	10	n/a	5	3.33	250	90.00	
	Installation Hub		n/a	24-hour	n/a	10	n/a	5	3.33	250	90.00	
	Installation Blade		n/a	24-hour	n/a	10	n/a	27	18.00	1350	90.00	When the completed rotor lifting solution applied the wind limit should be higher and becomes 8 m/s. The wind speed measuring height equal to hub height
OSS Monopile	Jacking Down	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	n/a	24-hour	1.5	15	1	4	2.67	200	93.24	
	Back to the base port	1*Jack-up Vessel / 1*HLV	1 nautical mile	24-hour	1.5	15	n/a	6	4.00	100	93.24	
	Load Out	1*Jack-up Vessel / 1*Barge Vessel + 2*Tugboat	n/a	24-hour	n/a	15	n/a	3	2.00	4	99.75	Considering 2 Substations
	Transport to The Field	1*Jack-up Vessel / 1*Barge Vessel + 2*Tugboat	1 Nautic Mile	24-hour	1.5	15	n/a	6	4.00	8	93.24	Suppose one jacket will be transported every time
	Jack-up Vessel Positioning	1*Jack-up Vessel	n/a	24-hour	1.5	15	1	1	0.67	1.33	93.24	
	Jacking up		n/a	24-hour	1.5	15	1	4	2.67	5.33	93.24	
	Monopile Lifting & Positioning	1*Jack-up Vessel + 1*Gripper	n/a	24-hour	n/a	15	n/a	2	1.33	2.67	99.75	
	Driving Monopile	1*Jack-up Vessel + 1*Gripper + 1*Hammer	n/a	24-hour	n/a	15	n/a	5	3.33	6.67	99.75	
	Installation of Transition Piece		n/a	24-hour	1	15	n/a	3	2.00	4.00	84.15	
	Bolted Connection		n/a	24-hour	1	15	n/a	2	1.33	2.67	84.15	
	Grouted Connection	Grouting Equipment	n/a	24-hour	1	15	n/a	3	2.00	4.00	84.15	
	Jacking Down		n/a	24-hour	1.5	15	1	4	2.67	5.33	93.24	
Transfer to The Base Port or The Next Position	1*Jack-up Vessel	1 Nautic Mile	24-hour	1.5	15	n/a	6	4.00	8.00	93.24		
OSS Jacket	Load Out	1*Barge Vessel + SPMT	n/a	24-hour	n/a	15	n/a	6	4.00	8.00	99.75	Suppose one jacket will be transported every time, 2 jackets totally
	Transport to The Field	1*Barge Vessel + 2*Tugboat	1 Nautic Mile	24-hour	1.5	15	0.5	6	4.00	8.00	93.24	
	HLV Positioning	1*HLV	n/a	24-hour	1	15	0.5	1	0.67	1.33	84.15	
	Piling for Jacket Platform	1*HLV + 1*Hammer	n/a	24-hour	1	15	n/a	5	3.33	6.67	84.15	
Jacket Lifting & Positioning	1*HLV	n/a	24-hour	1	15	0.5	12	8.00	16.00	84.15		
Grouted Connection	Grouting Equipment	n/a	24-hour	1	15	n/a	6	4.00	8.00	84.15	2 hours for cement consolidation	
Transfer to The Base Port or The Next Position	1*Barge Vessel + 2*Tugboat + 1*HLV	1 Nautic Mile	24-hour	2	15	0.5	6	4.00	8.00	96.86	Can be ignored if HLV is needed for further tasks	
OSS Topside	Load Out	1*Barge Vessel + SPMT	n/a	24-hour	n/a	15	n/a	6	4.00	8.00	99.75	
	Transport to The Field	1*Barge Vessel + 2*Tugboat	1 Nautic Mile	24-hour	1.5	15	0.5	6	4.00	8.00	93.24	
	Topside Lifting & Positioning	1*HLV	n/a	24-hour	1	15	0.5	6	4.00	8.00	84.15	
	Bolted Connection		n/a	24-hour	1	15	n/a	2	1.33	2.67	84.15	
Welding Connection	Welding Equipment	n/a	24-hour	1	12	n/a	2	24.00	48.00	82.03		
Inter Array Cable	PLGR	1*CLV / 1*TSV	n/a	24-hour	2.5	15	1	6	82.57	82.57	98.58	115km for R2-29.5km for R1. The sailing speed is 1 knot
	Cable Installation		n/a	24-hour	2.5	12	1	12	171.95	171.95	96.08	Cable laying speed 15m/min equal to 0.486knots
	Cable Pull-in on Platform	1*CLV	n/a	24-hour	2.5	12	1	24	4.00	600.00	96.08	150 times pull-in on platform
	PLB Jetting (incl. Post-Burial Survey)	1*TSV	n/a	24-hour	2.5	12	1	6	206.35	206.35	96.08	Cable laying speed 15m/min equal to 0.486knots. 0.833 operation intensity of jetting machine
	PLB Trenching	1*TSV	n/a	24-hour	2.5	15	1	6	4.00	600.00	78.09	As above
	Termination & Testing	1*TSV	n/a	24-hour	2.5	12	1	5	3.33	500.00	96.08	150 terminals
Export Cable	Matresses Installation	1*TSV	n/a	24-hour	1.5	8	1	6	4.00	600.00	78.09	As above
	Surveys	1*TSV / 1*CLV	n/a	24-hour	2.5	12	1	3	23.88	23.88	96.08	80.3km for R2-42.8km for R1+1.8km between R1 and R2. Sailing speed is 1 knot
	PLGR	1*CLV / 1*TSV	n/a	24-hour	2.5	15	1	6	68.49	68.49	98.58	2 HDD EC
	Cable Pull-in on OSS	1*CLV	n/a	24-hour	1	12	1	12	4.00	24.00	82.01	6 times pull-in to OSS
	Pulling Onshore into HDD with Duct Exit	1*CLV / 1*TSV	n/a	24-hour	1	12	1	24	24.00	48.00	82.01	
	Free-lay with ROV for TDM	1*CLV	n/a	24-hour	2.5	15	1	2.5	211.38	211.38	98.58	Cable laying speed 10m/min equal to 0.324knots
Dynamic Cable	Termination & Testing	1*TSV	n/a	24-hour	2.5	12	1	6	4.00	24.00	96.08	6 terminals
	PLGR	1*CLV / 1*TSV	n/a	24-hour	2.5	15	1	6	5.41	5.41	98.58	Cable laying speed 10m/min equal to 0.324knots. 0.833 operation intensity of jetting machine
	Post-Burial Works	1*TSV	n/a	24-hour	2.5	12	1	5	253.66	253.66	96.08	
	Matresses Installation	1*TSV	n/a	24-hour	1.5	8	1	6	4.00	24.00	78.09	6 terminals
	Surveys	1*TSV / 1*CLV	n/a	24-hour	2.5	12	1	3	19.57	19.57	96.08	3.5 knots for as-built survey
	PLGR	1*CLV / 1*TSV	n/a	24-hour	2.5	15	1	6	5.41	5.41	98.58	10km length total
Dynamic Cable	Transfer to The Field	1*CLV	n/a	24-hour	1.5	8	1	12	11.12	11.12	78.09	
	Free-lay with ROV for TDM and floater installation		n/a	24-hour	2.5	12	1	4.5	6.00	6.00	96.08	
	Transfer to The Base Port		n/a	24-hour	2.5	12	1	6	181.35	181.35	96.08	
	PLB Jetting (incl. Post-Burial Survey)	1*TSV	n/a	24-hour	2.5	12	1	6	181.35	181.35	96.08	
	Surveys	1*TSV / 1*CLV	n/a	24-hour	2.5	12	1	3	1.54	1.54	96.08	

Based on Metoccean Report

Wind limit (m/s) @ 10m height	Annual Percen W1	Annual Percen W2
15	99.75	99.78
12	97.22	97.38
8	83.55	85.3
n/a	100	

Current limit (m/s)	Annual Percen Phys. 1	Annual Percen Phys. 2
1.5	100	100
0.5	100	100
0.5	100	100

Hs limits (m)	Annual Percent R1P1	Annual Percent R1P2	Annual Percent R2P1	Annual Percent R2P2	Annual Percent R2P3	Annual Percent R2P4	Annual Percent R2P5
2.5	98.89	98.9	99.06	99.06	98.84	98.83	98.95
2	97.35	97.37	97.48	97.48	97.28	97.28	97.31
1.5	94.02	94.17	94.48	94.48	93.8	93.47	93.57
1	85.55	86.08	86.65	86.65	85.22	84.36	84.55
0.5	60.2	61.6	63.47	63.47	60.8	59.14	59.67
n/a						100	

HLV	Heavy (H) vessel
OCV	Offshore construction vessel
CLV	Cable laying vessel
TSV	Trenching support vessel
LTW	Crew transfer vessel
ISV	Installation support vessel
BV	Barge Vessel
TG	Tugboat
JUV	Jack-up Vessel



APPENDICE B – Analisi degli eventi estremi d’onda

Percentages of events for Hs-Tp classes for Romagna 1 p1

Hs (m)/Dir	0°	22.5°	45°	67.5°	90°	112.5°	135°	157.5°	180°	202.5°	225°	247.5°	270°	292.5°	315°	337.5°	360°
-0.5	4.78	5.93	5.69	4.31	6.67	13.25	4.36	2.35	1.93	1.38	0.92	0.79	0.79	1.31	2.57	3.17	
-1	1.07	2.48	3.76	2.02	3.44	6.35	1.56	0.95	0.61	0.49	0.4	0.27	0.17	0.41	0.66	0.72	
-1.5	0.23	0.51	2.14	0.76	1.62	1.66	0.31	0.15	0.06	0.07	0.09	0.03	0.04	0.13	0.17	0.11	
-2	0.1	0.49	1.25	0.3	0.54	0.45	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	
-2.5	0.05	0.29	0.72	0.14	0.21	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	
-3	0.04	0.19	0.35	0.06	0.04	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-3.5	0	0.09	0.12	0.02	0.01	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-4	0	0.03	0.06	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-4.5	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
>6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Percentages of events for Hs-Tp classes for Romagna 1 p2

Hs (m)/Dir	0°	22.5°	45°	67.5°	90°	112.5°	135°	157.5°	180°	202.5°	225°	247.5°	270°	292.5°	315°	337.5°	360°
-0.5	4.17	6.2	6	5.16	7.41	14.77	4.89	2.36	1.38	0.94	0.81	0.73	0.78	1.2	2.24	2.56	
-1	0.97	2.24	3.62	2.52	3.46	6.52	1.52	0.78	0.41	0.41	0.41	0.2	0.14	0.34	0.43	0.51	
-1.5	0.21	0.76	2.1	0.98	1.48	1.67	0.34	0.12	0.05	0.05	0.06	0.01	0.03	0.09	0.07	0.07	
-2	0.09	0.43	1.24	0.4	0.47	0.45	0.03	0.01	0.01	0	0	0	0	0.01	0.02	0.02	
-2.5	0.05	0.21	0.39	0.19	0.16	0.11	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	
-3	0.02	0.16	0.37	0.07	0.04	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-3.5	0	0.07	0.15	0.03	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-4	0	0.02	0.06	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-4.5	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
>6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Percentages of events for Hs-Tp classes for Romagna 2 P1

Hs (m)/Dir	0°	22.5°	45°	67.5°	90°	112.5°	135°	157.5°	180°	202.5°	225°	247.5°	270°	292.5°	315°	337.5°	360°
-0.5	3.43	5.98	6.06	5.72	7.25	16.3	5.77	1.97	1.09	0.89	0.81	0.84	0.97	1.48	1.81	1.75	
-1	0.72	2	3.25	3.02	2.91	7.16	1.7	0.65	0.42	0.43	0.44	0.17	0.18	0.32	0.25	0.28	
-1.5	0.14	0.64	1.87	1.44	1.03	2.13	0.39	0.11	0.05	0.06	0.05	0.02	0.03	0.07	0.04	0.04	
-2	0.07	0.38	1.15	0.61	0.33	0.61	0.05	0.01	0.01	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	
-2.5	0.03	0.21	0.77	0.25	0.11	0.18	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-3	0.01	0.12	0.39	0.09	0.02	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-3.5	0	0.04	0.16	0.03	0.01	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-4	0	0.01	0.06	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-4.5	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
>6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Percentages of events for Hs-Tp classes for Romagna 2 P2

Hs (m)/Dir	0°	22.5°	45°	67.5°	90°	112.5°	135°	157.5°	180°	202.5°	225°	247.5°	270°	292.5°	315°	337.5°	360°
-0.5	2.35	5.86	6.46	6.28	7.91	17.97	6.16	1.75	1.07	0.94	0.87	0.86	1.01	1.46	1.33	1.19	
-1	0.42	1.86	3.11	3.27	2.88	7.38	1.61	0.55	0.43	0.48	0.35	0.12	0.17	0.24	0.15	0.16	
-1.5	0.09	0.6	1.77	1.54	0.95	2.15	0.36	0.1	0.05	0.06	0.03	0.01	0.03	0.04	0.02	0.03	
-2	0.04	0.35	1.1	0.65	0.27	0.63	0.04	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	
-2.5	0.01	0.2	0.73	0.28	0.08	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-3	0	0.08	0.37	0.1	0.01	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-3.5	0	0.01	0.16	0.03	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-4	0	0	0.03	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
>6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Percentages of events for Hs-Tp classes for Romagna 2 P3

Hs (m)/Dir	0°	22.5°	45°	67.5°	90°	112.5°	135°	157.5°	180°	202.5°	225°	247.5°	270°	292.5°	315°	337.5°	360°
-0.5	3.6	5.68	5.33	5.18	5.94	14.83	7.65	2.53	1.25	0.96	0.9	0.96	1.16	1.73	1.51	1.59	
-1	0.78	2.3	3.9	3.04	2.36	7.08	2.58	0.89	0.53	0.55	0.49	0.21	0.26	0.29	0.2	0.22	
-1.5	0.17	0.66	1.72	1.53	0.73	2.45	0.63	0.21	0.09	0.11	0.08	0.03	0.04	0.06	0.03	0.04	
-2	0.08	0.38	1.08	0.68	0.22	0.79	0.14	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	
-2.5	0.05	0.22	0.73	0.28	0.07	0.29	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-3	0.01	0.11	0.37	0.11	0.02	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-3.5	0	0.04	0.16	0.04	0.01	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-4	0	0	0.05	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-4.5	0	0	0.01	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
>6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Percentages of events for Hs-Tp classes for Romagna 2 P4

Hs (m)/Dir	0°	22.5°	45°	67.5°	90°	112.5°	135°	157.5°	180°	202.5°	225°	247.5°	270°	292.5°	315°	337.5°	360°
-0.5	4.25	5.37	4.86	4.63	4.85	12.											



APPENDICE C – Analisi degli eventi estremi di vento

Percentages of events for Wind speed- Wind direction-classes for W1

Speed m/s Dir [°N]	<1	1-3	3-5	5-7	7-9	9-11	11-13	13-15	15-17	17-19	19-21	>21	Tot.
0	0.13	0.92	0.82	0.35	0.12	0.03	0.01	0	0	0	0	0	2.38
10	0.12	0.91	0.82	0.4	0.17	0.07	0.03	0.02	0	0	0	0	2.53
20	0.13	0.89	0.84	0.47	0.23	0.12	0.06	0.03	0.01	0	0	0	2.78
30	0.13	0.87	0.85	0.56	0.38	0.22	0.13	0.08	0.03	0	0	0	3.25
40	0.12	0.86	0.81	0.67	0.51	0.41	0.29	0.14	0.06	0.01	0	0	3.9
50	0.13	0.86	0.79	0.7	0.66	0.52	0.36	0.16	0.06	0.01	0	0	4.25
60	0.12	0.84	0.78	0.64	0.59	0.47	0.25	0.08	0.01	0.01	0	0	3.8
70	0.13	0.84	0.73	0.56	0.5	0.33	0.15	0.05	0.01	0	0	0	3.3
80	0.12	0.88	0.73	0.46	0.33	0.19	0.08	0.03	0	0	0	0	2.83
90	0.13	0.91	0.87	0.39	0.23	0.1	0.03	0.01	0	0	0	0	2.67
100	0.14	0.96	1.06	0.45	0.17	0.07	0.02	0	0	0	0	0	2.87
110	0.12	0.97	1.31	0.65	0.2	0.07	0.02	0.01	0	0	0	0	3.35
120	0.12	0.96	1.44	0.93	0.33	0.1	0.03	0.01	0	0	0	0	3.93
130	0.12	0.9	1.4	1.04	0.46	0.14	0.05	0.01	0	0	0	0	4.12
140	0.1	0.85	1.24	0.96	0.46	0.16	0.05	0.01	0	0	0	0	3.84
150	0.1	0.79	1.06	0.75	0.39	0.15	0.05	0.01	0	0	0	0	3.32
160	0.11	0.68	0.83	0.59	0.3	0.13	0.04	0.01	0	0	0	0	2.68
170	0.11	0.63	0.69	0.51	0.28	0.12	0.02	0	0	0	0	0	2.35
180	0.1	0.54	0.58	0.48	0.28	0.1	0.01	0	0	0	0	0	2.09
190	0.09	0.5	0.56	0.49	0.25	0.07	0.01	0	0	0	0	0	1.97
200	0.1	0.51	0.56	0.48	0.21	0.04	0.01	0	0	0	0	0	1.91
210	0.09	0.48	0.54	0.48	0.19	0.04	0.01	0	0	0	0	0	1.82
220	0.1	0.46	0.55	0.48	0.2	0.04	0	0	0	0	0	0	1.84
230	0.1	0.49	0.56	0.51	0.24	0.07	0.01	0	0	0	0	0	1.99
240	0.11	0.53	0.55	0.49	0.24	0.08	0.02	0	0	0	0	0	2.02
250	0.11	0.56	0.57	0.4	0.18	0.05	0.01	0	0	0	0	0	1.87
260	0.11	0.51	0.6	0.33	0.11	0.02	0	0	0	0	0	0	1.78
270	0.11	0.7	0.68	0.3	0.1	0.02	0.01	0	0	0	0	0	1.92
280	0.11	0.78	0.79	0.36	0.12	0.03	0.01	0	0	0	0	0	2.21
290	0.11	0.89	1.02	0.5	0.19	0.06	0.02	0	0	0	0	0	2.79
300	0.12	0.99	1.33	0.65	0.21	0.06	0.01	0	0	0	0	0	3.38
310	0.12	1.02	1.38	0.7	0.19	0.04	0.01	0	0	0	0	0	3.46
320	0.13	1	1.24	0.58	0.14	0.03	0.01	0	0	0	0	0	3.14
330	0.12	0.98	1.07	0.44	0.11	0.03	0.01	0	0	0	0	0	2.76
340	0.12	0.98	0.94	0.37	0.1	0.02	0.01	0	0	0	0	0	2.54
350	0.13	0.91	0.85	0.34	0.1	0.03	0.01	0	0	0	0	0	2.38
Tot.	4.18	28.44	31.45	19.48	9.46	4.21	1.85	0.68	0.2	0.04	0	0	0

Percentages of events for Wind speed- Wind direction-classes for W2

Speed m/s Dir [°N]	<1	1-3	3-5	5-7	7-9	9-11	11-13	13-15	15-17	17-19	19-21	>21	Tot.
0	0.14	0.87	0.73	0.27	0.08	0.02	0.01	0	0	0	0	0	2.13
10	0.13	0.88	0.8	0.35	0.12	0.05	0.02	0.01	0	0	0	0	2.36
20	0.13	0.9	0.88	0.45	0.2	0.08	0.04	0.02	0.01	0	0	0	2.71
30	0.13	0.91	0.98	0.58	0.33	0.16	0.1	0.05	0.02	0	0	0	3.27
40	0.14	0.94	0.99	0.75	0.5	0.32	0.22	0.12	0.04	0.01	0	0	4.03
50	0.13	0.93	0.99	0.83	0.71	0.56	0.38	0.17	0.07	0.01	0	0	4.78
60	0.12	0.96	0.98	0.81	0.72	0.56	0.34	0.13	0.03	0	0	0	4.65
70	0.13	0.97	0.9	0.68	0.55	0.36	0.19	0.06	0.01	0	0	0	3.86
80	0.13	0.97	0.94	0.53	0.39	0.21	0.09	0.02	0	0	0	0	3.27
90	0.13	1.01	1.07	0.48	0.26	0.12	0.03	0.01	0	0	0	0	3.11
100	0.12	1.04	1.26	0.54	0.21	0.08	0.02	0	0	0	0	0	3.28
110	0.13	1.06	1.51	0.76	0.21	0.07	0.02	0	0	0	0	0	3.76
120	0.12	1.02	1.59	0.99	0.38	0.08	0.02	0.01	0	0	0	0	4.11
130	0.12	0.96	1.52	1.01	0.36	0.11	0.04	0.01	0	0	0	0	4.13
140	0.12	0.88	1.28	0.9	0.35	0.13	0.04	0.01	0	0	0	0	3.71
150	0.11	0.78	1.02	0.68	0.3	0.12	0.04	0.01	0	0	0	0	3.08
160	0.11	0.7	0.81	0.47	0.24	0.11	0.04	0.01	0	0	0	0	2.48
170	0.12	0.62	0.64	0.4	0.21	0.1	0.01	0	0	0	0	0	2.12
180	0.11	0.55	0.55	0.39	0.2	0.07	0.01	0	0	0	0	0	1.88
190	0.1	0.51	0.51	0.35	0.16	0.05	0	0	0	0	0	0	1.7
200	0.11	0.5	0.49	0.35	0.14	0.02	0.01	0	0	0	0	0	1.62
210	0.11	0.51	0.48	0.35	0.14	0.03	0	0	0	0	0	0	1.62
220	0.12	0.49	0.51	0.4	0.19	0.04	0.01	0	0	0	0	0	1.75
230	0.11	0.54	0.53	0.42	0.25	0.07	0.01	0	0	0	0	0	1.93
240	0.1	0.59	0.54	0.45	0.23	0.05	0.01	0	0	0	0	0	1.96
250	0.11	0.68	0.59	0.39	0.13	0.02	0	0	0	0	0	0	1.92
260	0.13	0.73	0.7	0.37	0.08	0.02	0	0	0	0	0	0	2.03
270	0.12	0.89	0.86	0.37	0.09	0.02	0	0	0	0	0	0	2.35
280	0.13	0.99	1.01	0.42	0.11	0.03	0.01	0	0	0	0	0	2.7
290	0.12	1.06	1.2	0.48	0.13	0.04	0.01	0	0	0	0	0	3.03
300	0.14	1.08	1.2	0.44	0.11	0.03	0.01	0	0	0	0	0	3
310	0.13	1.06	1.09	0.36	0.08	0.02	0.01	0	0	0	0	0	2.75
320	0.12	1.04	0.96	0.29	0.06	0.01	0	0	0	0	0	0	2.49
330	0.13	0.98	0.84	0.26	0.05	0.01	0	0	0	0	0	0	2.27
340	0.13	0.89	0.76	0.24	0.05	0.01	0	0	0	0	0	0	2.09
350	0.13	0.89	0.73	0.24	0.05	0.02	0	0	0	0	0	0	2.07
Tot.	4.4	30.4	32.43	18.07	8.28	3.8	1.76	0.64	0.19	0.03	0	0	0

Frequency occurrence for current speed (m/s)/direction (from) at point Phys_1 at -1m

Dir [°N]	Current at -1.0 m (m/s)					Tot.
	<0.01	0.01-0.15	0.15-0.2	0.2-0.25	>0.3	
22.5	0.113	5.293	0.518	0.17	0.065	6.16
45	0.105	2.468	0.138	0.049	0.024	2.78
67.5	0.081	1.489	0.097	0.016	0	1.68
90	0.065	1.012	0.024	0.016	0	1.12
112.5	0.089	0.898	0.024	0.016	0	1.03
135	0.057	1.044	0	0.024	0	1.12
157.5	0.081	1.586	0.065	0.024	0.008	1.76
180	0.105	2.155	0.065	0.065	0.032	2.45
202.5	0.081	2.654	0.178	0.073	0.032	3.02
225	0.089	3.051	0.275	0.065	0.057	3.54
247.5	0.073	3.213	0.299	0.097	0.032	3.71
270	0.097	4.58	0.388	0.138	0.032	5.24
292.5	0.065	7.251	0.704	0.259	0.057	8.34
315	0.121	11.896	1.894	0.736	0.146	14.79
337.5	0.121	19.778	4.03	1.57	0.469	25.97
360	0.105	13.644	2.331	0.947	0.239	17.29
Tot.	1.449	82.043	11.62	4.265	1.214	100

Frequency occurrence for current speed (m/s)/direction (from) at point Phys_2 at -1m

Dir [°N]	Current at -1.0 m (m/s)					Tot.
	<0.01	0.01-0.15	0.15-0.2	0.2-0.25	>0.3	
22.5	0.242	12.923	0.913	0.299	0.073	14.45
45	0.218	9.995	0.662	0.186	0.121	10.28
67.5	0.194	6.268	0.396	0.194	0.04	7.09
90	0.25	5.153	0.258	0.089	0.016	5.77
112.5	0.234	3.853	0.17	0.073	0.04	4.37
135	0.202	4.135	0.186	0.04	0.016	4.58
157.5	0.25	4.846	0.137	0.032	0.016	5.23
180	0.25	5.573	0.178	0.04	0.04	6.08
202.5	0.234	4.539	0.21	0.057	0.008	5.05
225	0.121	2.819	0.218	0.113	0.024	3.3
247.5	0.113	2.48	0.121	0.089	0	2.8
270	0.145	2.568	0.162	0.048	0.016	2.94
292.5	0.153	3.231	0.234	0.032	0	3.65
315	0.218	4.741	0.347	0.129	0.04	5.48
337.5	0.145	6.098	0.428	0.137	0.032	6.84
360	0.202	10.678	0.856	0.267	0.04	12.04
Tot.	3.174	88.999	5.476	1.825	0.525	100