

# MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

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

## PROGETTO DEFINITIVO E STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

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

Titolo:

**RELAZIONE TECNICA DELLE FONDAZIONI DEGLI AEROGENERATORI**

Codice identificativo:

**AGNROM\_EP-R\_REL-FOND-OWT**

Proponente:



Agnes S.r.l.  
P. IVA: 02637320397



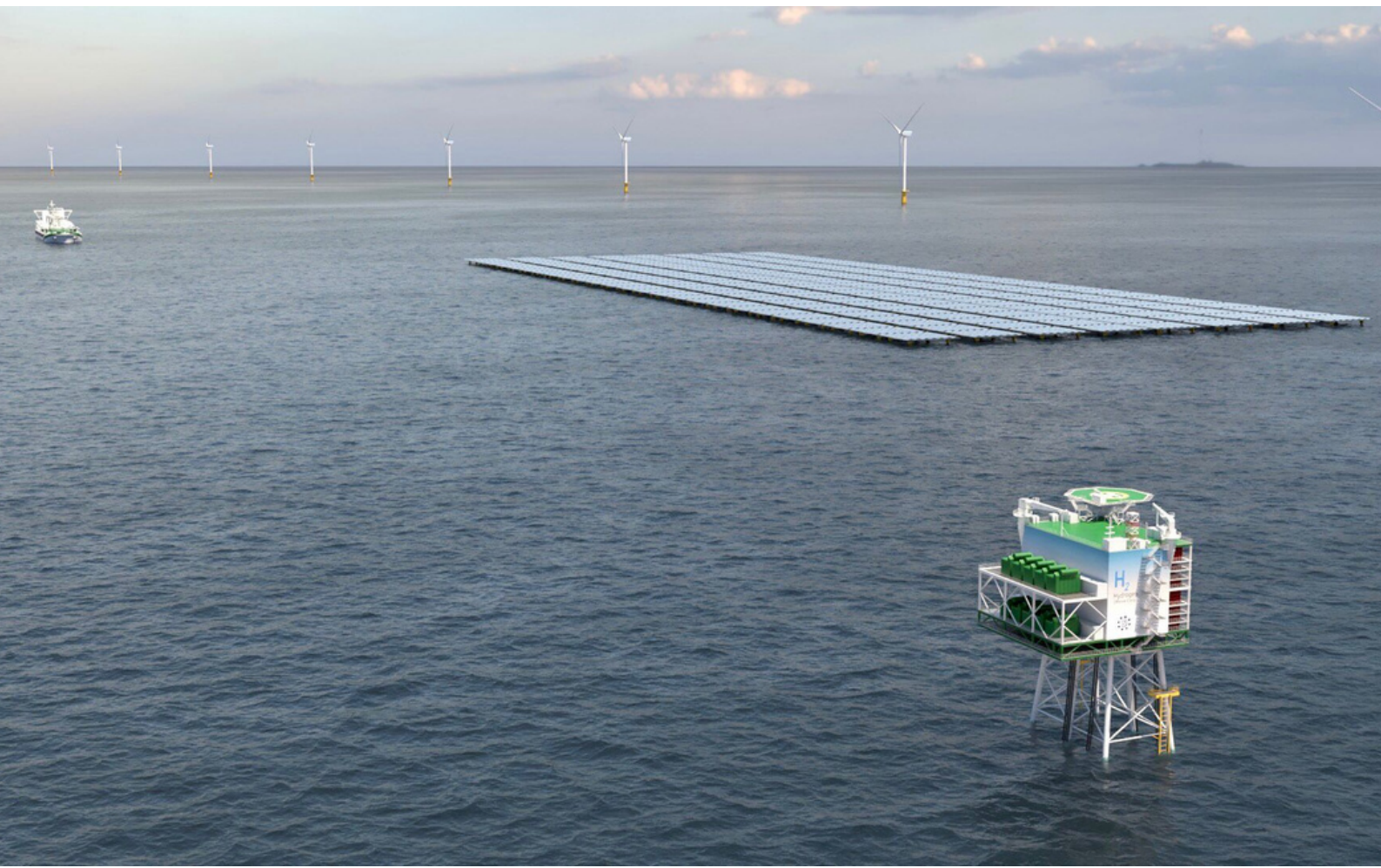
Autore del documento:



Rosetti Marino S.p.A.  
P. IVA: 00082100397



Tecon S.r.l.  
P. IVA: 06503230150



## DETTAGLI DEL DOCUMENTO

Titolo documento	Relazione tecnica delle fondazioni degli aerogeneratori
Codice documento	AGNROM_EP-R_REL-FOND-OWT
Titolo progetto	Hub energetico Agnes Romagna 1&2
Codice progetto	AGNROM
Data	26/01/2023
Versione	1.0
Autore/i	F. Ricci; J. Albagli
Tipologia elaborato	Relazione
Cartella	VIA_2
Sezione	Elaborati di progetto
Formato	A4

## VERSIONI

1.0	00	F. Ricci; J. Albagli	A. Bernabini	AGNES	Emissione finale
<b>Ver.</b>	<b>Rev.</b>	<b>Redazione</b>	<b>Controllo</b>	<b>Emissione</b>	<b>Commenti</b>

## FIRME DIGITALI



**Agnes S.r.l.**

Via Del Fringuello 28, 48124 Ravenna (IT)

Questo documento è di proprietà di Agnes S.r.l.  
Qualunque riproduzione, anche parziale, è vietata senza la sua preventiva autorizzazione.  
Ogni violazione sarà perseguita a termini di legge.



## Sommario

<b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE DELLE TABELLE .....</b>	<b>4</b>
<b>ABBREVIAZIONI .....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>7</b>
1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO.....	8
1.2 RIFERIMENTI.....	10
1.3 ESIGENZE DI FLESSIBILITÀ.....	11
<b>2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO.....</b>	<b>13</b>
2.1 GEOGRAFIA E CARATTERISTICHE ESSENZIALI.....	13
2.1.1 AREA MARINA.....	13
2.1.2 AREA TERRESTRE.....	14
2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, STRATIGRAFICO E SISMICO .....	15
2.3 INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	15
2.4 CONDIZIONI METEOMARINE TIPICHE ED ESTREME .....	15
<b>3. INPUT PER LA PROGETTAZIONE.....</b>	<b>16</b>
3.1 NORME DI RIFERIMENTO.....	16
3.2 UBICAZIONE DEGLI AEROGENERATORI E LAYOUT DEI PARCHI EOLICI .....	17
3.2.1 ROMAGNA 1.....	17
3.2.2 ROMAGNA 2.....	20
3.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'AEROGENERATORE.....	23
3.1 DATI GEOTECNICI.....	24
3.2 DATI METEOMARINI .....	26
3.3 MATERIALI .....	26
3.3.1 PROTEZIONE ALLA CORROSIONE.....	26
3.3.2 ZONE PROTETTE CON VERNICIATURA.....	26
3.3.3 ZONE CON PROTEZIONE CATODICA .....	27
3.3.4 NORME E STANDARD INTERNAZIONALI PER LA PROTEZIONE ALLA CORROSIONE.....	27
<b>4. SCREENING DELLE TIPOLOGIE DI FONDAZIONE.....</b>	<b>28</b>
4.1 METODOLOGIA DELLA PROCEDURA DI SCREENING .....	28
4.2 TIPOLOGIE ANALIZZATE .....	29
4.2.1 MONOPALO .....	31
4.2.2 PALI VERTICALI.....	36
4.2.3 MONOCOLONNA CON TRE PALI .....	40
4.2.4 JACKET A TRE GAMBE .....	44
4.2.5 PALI INCLINATI CON SOVRASTRUTTURA IN CALCESTRUZZO.....	48
<b>5. TIPOLOGIE SELEZIONATE PER IL PROGETTO DEFINITIVO .....</b>	<b>51</b>
<b>6. METODI DI PRE-FABBRICAZIONE E ASSEMBLAGGIO .....</b>	<b>52</b>



---

6.1	AREA DI STOCCAGGIO DELLE FONDAZIONI E IPOTESI DI OCCUPAZIONE .....	52
6.2	MONOPALO.....	54
6.3	ALTRE TIPOLOGIE .....	55
6.4	PREPARAZIONE DEL FONDALE MARINO .....	57
<b>7.</b>	<b>METODI DI INSTALLAZIONE A MARE.....</b>	<b>58</b>
7.1	GENERALITÀ .....	58
7.2	MONOPALO.....	59
7.2.1	INSTALLAZIONE DELL'ELEMENTO DI TRANSIZIONE.....	62
7.3	FONDAZIONI DIVERSE DAL MONOPALO .....	66
7.3.1	JACKET CON TRE GAMBE .....	67
7.3.2	PALI INCLINATI .....	71
<b>8.</b>	<b>MANUTENZIONE E DISMISSIONE DELLE FONDAZIONI .....</b>	<b>74</b>
8.1	ATTIVITÀ MANUTENTIVE.....	74
8.2	OPERAZIONI IN MARE DI DISMISSIONE.....	74
8.2.1	SOLUZIONI PER JACKET E MULTIPALI INCLINATI .....	75
8.2.2	SOLUZIONI PER MULTIPALO .....	75
8.2.3	TAGLIO ESTERNO CON CAVO DIAMANTATO .....	76
8.2.4	TAGLIO INTERNO – SISTEMI DI TAGLIO ICT (INTERNAL CUTTING TOOL) .....	76
8.3	OPERAZIONI A TERRA .....	78
<b>9.</b>	<b>SOLUZIONI PER LA PROTEZIONE DELLE FONDAZIONI .....</b>	<b>79</b>
9.1	STIMA QUANTITATIVA DEI MATERIALI IMMESSI IN MARE .....	81



## Indice delle figure

FIGURA 1.1: TIPOLOGIE DI FONDAZIONI OFFSHORE ANALIZZATE .....	9
FIGURA 2.1: POSIZIONE DEGLI SPECCHI ACQUEI DI ROMAGNA 1 E ROMAGNA 2 .....	14
FIGURA 2.2: POSIZIONAMENTO DELLE OPERE A TERRA .....	15
FIGURE 3.1: PLANIMETRIA DELLE OPERE A MARE .....	17
FIGURE 3.2: LAYOUT DELLA DISPOSIZIONE DEL PARCO EOLICO ROMAGNA 1 .....	18
FIGURE 3.3: LAYOUT DELLA DISPOSIZIONE DEL PARCO EOLICO ROMAGNA 2 .....	20
FIGURA 4.1: DIAGRAMMA TIPICO DI FREQUENZA PER AEROGENERATORI .....	29
FIGURA 4.2: TIPOLOGIE DI FONDAZIONI OFFSHORE ANALIZZATE .....	29
FIGURA 4.3: ASSIEME MONOPALO .....	33
FIGURE 4.4: CONFIGURAZIONE MONOPALO 3D .....	34
FIGURE 4.5: MONOPALO DYNAMIC FIRST MODE SHAPE .....	35
FIGURA 4.6: ASSIEME PALI VERTICALI .....	37
FIGURE 4.7: CONFIGURAZIONE 3D A PALI VERTICALI CON TEMPLATE .....	38
FIGURE 4.8: TRE PALI VERTICALI DYNAMIC FIRST MODE SHAPE .....	39
FIGURE 4.9: TRE PALI VERTICALI DYNAMIC FIRST MODE SHAPE .....	40
FIGURA 4.10: ASSIEME MONOCOLONNA A TRE PALI .....	41
FIGURE 4.11: CONFIGURAZIONE 3D MONOCOLONNA CON TRE PALI .....	42
FIGURE 4.12: MONOCOLONNA CON TRE PALI FIRST MODE SHAPE .....	43
FIGURA 4.13: JACKET A TRE GAMBE .....	45
FIGURE 4.14: CONFIGURAZIONE 3D A JACKET .....	46
FIGURA 4.15: JACKET A TRE GAMBE FIRST MODE SHAPE .....	47
FIGURA 4.16: PALI "LIBERI" INCLINATI & SOTTOSTRUTTURA IN CALCESTRUZZO .....	48
FIGURA 4.17: CONFIGURAZIONE 3D PALI "LIBERI" INCLINATI & SOTTOSTRUTTURA IN CALCESTRUZZO .....	49
FIGURE 4.18: PALI "LIBERI" INCLINATI & SOTTOSTRUTTURA IN CALCESTRUZZO DYNAMIC FIRST MODE SHAPE .....	50
FIGURA 6.1: IPOTESI DI STOCCAGGIO 50 MONOPALI E 50 ELEMENTI DI TRANSIZIONE IN POSIZIONE ORIZZONTALE .....	53
FIGURA 6.2: IPOTESI DI STOCCAGGIO MONOPALI, TORRI E PALE IN POSIZIONE ORIZZONTALE, ELEMENTI DI TRANSIZIONE IN POSIZIONE VERTICALE .....	53
FIGURA 6.3: IPOTESI DI STOCCAGGIO MONOPALI, TORRI E PALE IN POSIZIONE ORIZZONTALE, ELEMENTI DI TRANSIZIONE E JACKET IN POSIZIONE VERTICALE .....	54
FIGURA 6.4: JACKET - STUDIO UP-ENDING .....	55
FIGURA 6.5: JACKET - UP-ENDING IN CANTIERE .....	56
FIGURA 6.6: - MONOCOLONNA - UP-ENDING IN CANTIERE .....	56
FIGURA 7.1: DISTANZE PERCORSE DAL PORTO DI RAVENNA AI SITI DI INSTALLAZIONE ROMAGNA 1 E ROMAGNA 2 .....	58
FIGURA 7.2: CHIATTA PER IL TRASPORTO DI FONDAZIONI MONOPALO ED ELEMENTI DI TRANSIZIONE .....	59
FIGURA 7.3: NAVE JACK-UP CON MONOPALI ED ELEMENTI DI TRANSIZIONE FISSATI SUL PONTE DELLA NAVE .....	59
FIGURA 7.4: NAVE HLV CON MONOPALI ED ELEMENTI DI TRANSIZIONE FISSATI SUL PONTE DELLA NAVE .....	60
FIGURA 7.5: VERTICALIZZAZIONE MONOPALO CON SPECIFICA ATTREZZATURA .....	63
FIGURA 7.6: INSTALLAZIONE MONOPALO .....	64
FIGURA 7.7: INSTALLAZIONE MODULO DI RACCORDO .....	65
FIGURA 7.8: INSTALLAZIONE PALI CON TEMPLATE AUSILIARIA .....	68
FIGURA 7.9: INSTALLAZIONE JACKET .....	69
FIGURA 7.10: CEMENTAZIONE PALI .....	70
FIGURA 7.11: INSTALLAZIONE PALI CON GUIDA SU HLV .....	72
FIGURA 7.12: INSTALLAZIONE CONGLOMERATO IN CALCESTRUZZO E SALDATURA PALI .....	73
FIGURA 8.1: SISTEMA PER TAGLIO ESTERNO (DIAMOND WIRE) – TIPICO .....	76
FIGURA 8.2: TIPICO SISTEMA PER IL TAGLIO INTERNO (ICT) .....	77
FIGURA 9.1: FENOMENO DELLO SCOURING IN CUI I VORTICI PROVOCANO UN AVVALLAMENTO SUL FONDALE IN PROSSIMITÀ DI UNA STRUTTURA .....	79
FIGURA 9.2: SCHEMATIZZAZIONE DEL SISTEMA DI PROTEZIONE ANTI SCOURING MEDIANTE ARMATURA IN ROCCIA .....	80
FIGURA 9.3: DISPOSIZIONE CARATTERISTICA DELLA PROTEZIONE DELL'AREA DI FONDAZIONE .....	81



## Indice delle tabelle

TABELLA 3.1: COORDINATE DEGLI AEROGENERATORI DI ROMAGNA 1 .....	19
TABELLA 3.2: COORDINATE DEGLI AEROGENERATORI DI ROMAGNA 2 .....	21
TABELLA 3.3: CARATTERISTICHE TECNICHE AEROGENERATORE DI PROGETTO .....	23
TABELLA 3.4: PROFILO STRATIGRAFICO SOFT .....	25
TABELLA 3.5: PROFILO STRATIGRAFICO STIFF .....	25
TABELLA 4.1: RISULTATI DI FONDAZIONI E SOTTOSTRUTTURE – SOFT SOIL .....	30
TABELLA 4.2: RISULTATI DI FONDAZIONI E SOTTOSTRUTTURE – STIFF SOIL .....	30
TABELLA 9.1: GRANULOMETRIE TIPICHE DEI MATERIALI DI PROTEZIONE ANTI-SCOURING A SECONDA DELLO STRATO DI APPARTENENZA .....	81
TABELLA 9.2: STIMA DEI VOLUMI RELATIVI ALL'IMMERSIONE IN MARE DI INERTI PER BARRIERE ANTIEROSIONE .....	82



***La consultazione di questo elaborato è riservata ai soli enti autorizzati.***