

Codice SRT DMS

SRT-ADM-11501-003-02

Documento

Stato di fatto – Relazione tecnica

Denominazione Appalto

Ripristino funzionale del sistema di superficie attiva (SSA) dello specchio primario del Sardinia Radio Telescope.

Sede di esecuzione

INAF - Sardinia Radio Telescope, strada provinciale 25, località "Pranusanguni", comune di San Basilio (CA)

Tipo di procedura

Ristretta, preceduta da consultazione preliminare di mercato ex art. 66 D.lgs. 18 aprile 2016, n° 50.

Atto di avvio

Delibera CdA INAF n. 74/2016 del 19 luglio 2016
Determinazione Direttore INAF OAC n. 121 del 22 luglio 2016

INDICE

| | |
|---|----|
| Principali riferimenti normativi e legislativi | 3 |
| Abbreviazioni | 3 |
| Art. 1 – Oggetto dell'appalto - Ambito di riferimento | 4 |
| Art. 2 – Descrizione del sito SRT | 4 |
| Art. 3 – Descrizione dell'antenna | 4 |
| Art. 4 – Superficie attiva | 5 |
| 4.1 - Pannelli della superficie attiva | 6 |
| 4.1.1 - Note costruttive sui pannelli | 7 |
| 4.1.2 - Note sul montaggio dei pannelli | 8 |
| 4.2 - Descrizione interfaccia attuatori-pannelli | 10 |
| 4.3 - Descrizione interfaccia struttura reticolare - attuatori | 10 |
| 4.4 - Descrizione attuatori | 11 |
| 4.4.1 - Attuatori: materiali impiegati | 11 |
| 4.4.2 - Attuatori: calibrazione e misura del gioco assiale | 13 |
| 4.5 - Attuatori: cablaggio | 14 |
| 4.6 - Squadri | 15 |
| Art. 5 – Analisi delle criticità | 15 |
| 5.1 - Elementi critici - Connettori elettrici | 15 |
| 5.2 Elementi critici - Attuatori | 16 |
| 5.3 Elementi critici - Squadri | 20 |
| Art. 6 - Indagini svolte | 21 |
| 6.1 Indagini in itinere | 23 |
| 6.2 Ispezione di un attuatore danneggiato | 23 |
| Art. 7 - Processo di integrazione | 24 |
| Art. 8 – Requisiti | 26 |
| APPENDIX 1 – Note sul processo di integrazione | 27 |
| Smontaggio pannelli | 27 |
| Montaggio dei pannelli | 27 |
| Manutenzione squadri ancoraggio pannelli | 28 |
| Sistema Interfaccia Attuatori Pannelli | 28 |
| Attuatore | 29 |
| Sostituzione parti meccaniche | 29 |
| Particolari commerciali e Lubrificanti | 29 |
| Sostituzione cavi | 31 |
| Specifiche metrologiche | 32 |
| Verniciatura specchi | 34 |

Principali riferimenti normativi e legislativi

- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, recante la “attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture”, *breviter* “Codice”;
- Decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207, Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante il “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”, *breviter* “Regolamento”, per le parti non abrogate dal Codice;
- Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, recante la “attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”, *breviter* “TUSL”;

Abbreviazioni

| | |
|---------------------|--|
| Art. o art. o artt. | articolo/articoli |
| CEI - UNI | norme italiane di unificazione |
| cfr. | confronta |
| Codice | Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 e s.m.i.; |
| C.P.L. o CPL | certificato di pagamento |
| C.S.A. o CSA | capitolato speciale d'appalto / capitolato tecnico |
| C.S.E. o CSE | Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione |
| D.lgs. o d.lgs. | Decreto legislativo |
| DEC | Direttore dell'esecuzione del contratto |
| doc. | documento |
| DUVRI | documento unico per la valutazione dei rischi da interferenze. |
| INAF | Istituto Nazionale di Astrofisica |
| L. | legge |
| n. | numero |
| N.T.G. o NTG | norme tecniche generali |
| N.T.P. o NTP | norme tecniche particolari |
| OAC | Osservatorio Astronomico di Cagliari |
| pagg. | pagine |
| Regolamento | D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 (parti non abrogate) |
| R.U.P. o RUP | responsabile del procedimento |
| SRT | Sardinia Radio Telescope |
| SSA | Sistema della Superficie Attiva |

Art. 1 – Oggetto dell'appalto - Ambito di riferimento

L'Osservatorio Astronomico di Cagliari è una struttura dell'Istituto Nazionale di Astrofisica. Il Sardinia Radio Telescope (SRT) è una facility osservativa radioastronomica dell'INAF, la cui gestione operativa è attualmente in carico all'Osservatorio Astronomico di Cagliari. SRT è uno strumento scientifico a elevato contenuto tecnologico, installato in un'area posta a circa 45 km da Cagliari, in località "Pranusanguni", al km 0,900 della strada provinciale 25 "di Silius", amministrativamente referente al comune di San Basilio (CA).

Recentemente nel sistema di superficie attiva (SSA), che definisce l'insieme delle parti che compongono lo specchio primario di SRT (attuatori elettromeccanici, pannelli, struttura reticolare, squadri di sostegno dei pannelli, cablaggio) si è manifestato un evidente fenomeno di ossidazione che riguarda sia le ghiera dei connettori elettrici (degli attuatori) sia il corpo degli attuatori stessi. Il fenomeno corrosivo ha inoltre prodotto il distacco di piccoli frammenti di lega di alluminio da circa il 20% dei 1116 attuatori del SSA.

Obiettivo dell'affidamento dell'appalto in oggetto è quello di ripristinare la piena funzionalità del sistema SSA, attraverso interventi mirati sulle parti del sistema stesso, con particolare riferimento agli attuatori. La presente Relazione tecnica descrive lo stato attuale del sistema della superficie attiva, introducendo le specifiche necessità funzionali, i requisiti e le prestazioni richieste dalla stazione appaltante come parte dell'intervento di ripristino della funzionalità del SSA di SRT.

ACCESSO AI DOCUMENTI. *L'accesso ai documenti tecnici citati è subordinato all'invio del modulo di richiesta d'accesso, disponibile per il download dal profilo committente della stazione appaltante*

Art. 2 – Descrizione del sito SRT

L'impianto osservativo che ospita il Sardinia Radio Telescope è situato in un'area soggetta a vincolo paesaggistico e di proprietà del Demanio Regionale, in quota al Monte Pascoli e per il quale il referente è l'Agenzia LAORE, Ente strumentale della Regione Autonoma della Sardegna. Il radiotelescopio si trova in una leggera conca, che mitiga i picchi di ventosità. La quota sul livello del mare è di circa 600 metri.

La viabilità pubblica da percorrere per raggiungere l'area del radiotelescopio, nella fattispecie la S.S. 387 e il primo chilometro della strada provinciale 25, sono caratterizzate da un eccellente manto stradale in asfalto. La viabilità interna del sito è costituita da strade con tappeto d'usura tipo macadam in ottimo stato di manutenzione, e non presentano ostacoli per il transito di autoveicoli e mezzi d'opera importanti.

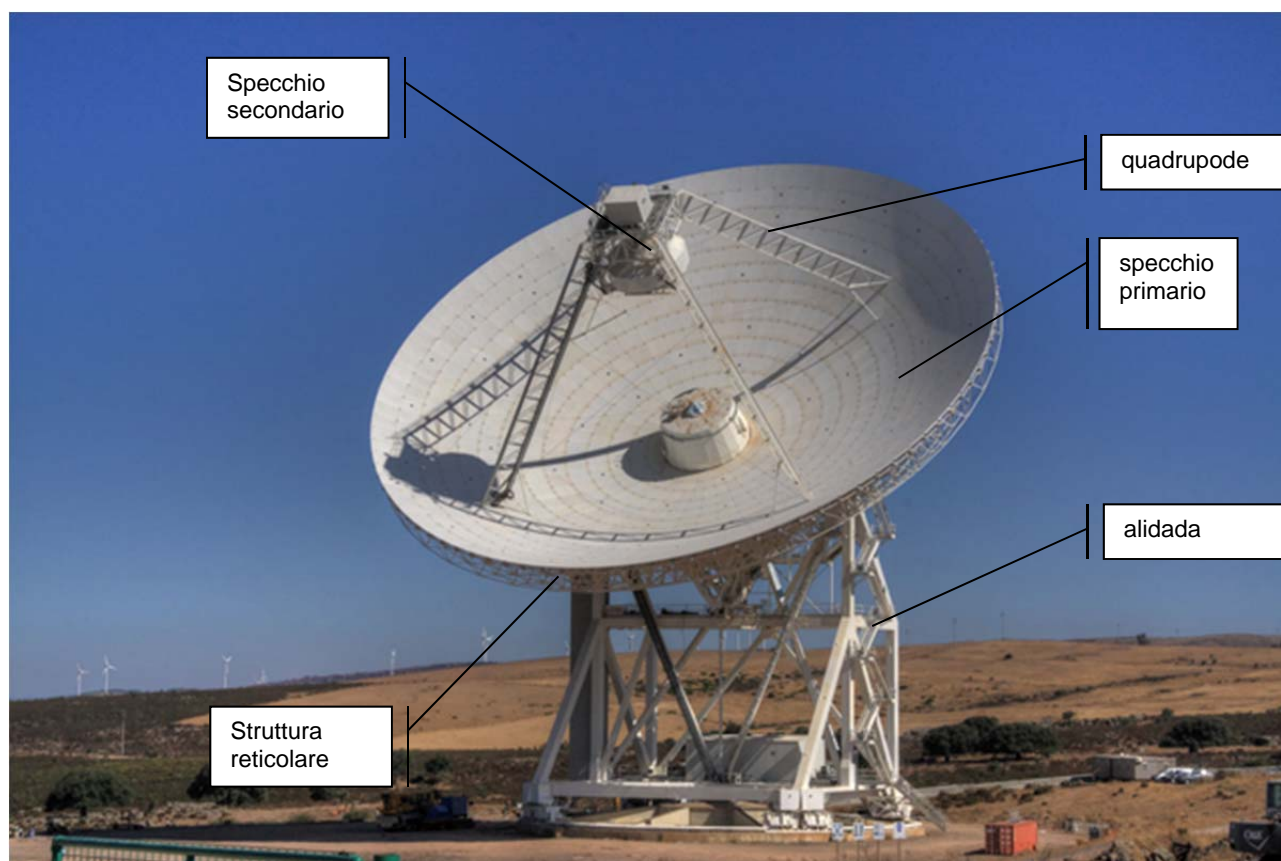
L'area è presidiata da un servizio di vigilanza tecnica non armata nella fascia oraria dalle ore 19 alle ore 06 del mattino successivo, e in modalità H24 nei fine settimana e nelle giornate festive in generale.

Art. 3 – Descrizione dell'antenna

SRT è un radiotelescopio con montatura altazimutale, alto circa 70 metri e dal peso di oltre 3000 tonnellate, con una parabola di diametro pari a 64 metri.

L'alidada su cui è montato lo specchio primario è una struttura d'acciaio alta circa 35 metri, in grado

di sorreggere efficacemente lo specchio e i suoi meccanismi di movimento e di assicurarne la rotazione tramite 16 ruote, che scorrono su una rotaia circolare del diametro di 40 metri, posta al di sopra del basamento. Le velocità massime di rotazione sono di 0,85 gradi/s in azimuth e di 0,5 gradi/s in elevazione. Lo strumento è dotato di un sistema di compensazione delle deformazioni dello specchio primario, il SSA, oggetto dell'appalto in argomento.



Art. 4 – Superficie attiva

L'insieme costituito dalla struttura reticolare di sostegno alla superficie riflettente dello specchio primario, dagli attuatori elettromeccanici e dai pannelli riflettenti sarà individuato per brevità con il termine gergale "cesto" (riferimento ai disegni **SRT-DWG-31000-240-01**). La gara d'appalto di cui è parte questa Relazione riguarda e ha come obiettivo il ripristino della piena funzionalità del cesto, fornendo una descrizione dettagliata dei singoli elementi prima citati che lo compongono, propedeutica all'analisi delle criticità rilevate che stanno progressivamente riducendo le performance dello strumento, oggetto del successivo capitolo.

Per il sistema di superficie attiva, che per brevità in seguito indicheremo con l'acronimo "SSA", sono stati installati in antenna complessivamente 1116 attuatori elettromeccanici (riferimento disegno **SRT-DWG-G1-11-01_Rev.B**).

Come mostrato nella tavola **SRT-DWG-G1-11-04_Rev.A**, ci sono 3 differenti configurazioni del sistema di interfaccia attuatore - pannelli dello specchio primario, quindi gli attuatori sono stati

montati in antenna secondo una precisa configurazione definita in base al loro numero di serie. Il numero di serie è composto da 2 numeri, il primo numero di due cifre identifica il giro della struttura reticolare e il secondo numero sempre di due cifre, identifica la posizione circonferenziale nell'ambito del giro. La configurazione di installazione degli attuatori sulla struttura è mostrata nei disegni **SRT-DWG-G1-11-03_Rev.A** e **SRT-DWG-G1-11-04_Rev.A**.

Oltre ai 1116 installati, sono stati costruiti compresi nella fornitura altri 43 attuatori di ricambio per complessivi 1159 attuatori disponibili.

NOTA: *Gli interventi di sostituzione / refurbishment che saranno oggetto della procedura dovranno essere effettuati su tutti i 1159 attuatori disponibili.*

4.1 - Pannelli della superficie attiva

La superficie riflettente dello specchio primario (riferimento ai disegni da **SRT-DWG-G1-12-01_Rev.A** a **SRT-DWG-G1-12-04_Rev.A** e disegni Cospal Composites **SRT-64M-24001-CNR da 001 a 025**) è formata da 1008 pannelli in alluminio che sono suddivisi in 14 giri concentrici di pannelli principali. Nei giri 8, 9, 10 e 11 sono montati alcuni pannelli speciali posizionati attorno alle gambe del quadripode.

Un pannello di scorta è disponibile per ciascuna delle tipologie da 1 a 14.

| Tipologia pannello | Quantità | Superficie | Peso |
|--------------------|----------|----------------|------|
| (-) | (-) | m ² | Kg |
| 1 | 24 | 2.4 | 41 |
| 2 | 24 | 3.5 | 54 |
| 3 | 48 | 2.6 | 46 |
| 4 | 48 | 3.2 | 52 |
| 5 | 48 | 3.9 | 59 |
| 6 | 48 | 4.5 | 66 |
| 7 | 96 | 2.7 | 47 |
| 8 | 80 | 3.0 | 50 |
| 9 | 80 | 2.9 | 48 |
| 10 | 88 | 3.2 | 50 |
| 11 | 88 | 3.5 | 54 |
| 12 | 96 | 3.8 | 56 |
| 13 | 96 | 4.2 | 61 |
| 14 | 96 | 5.3 | 72 |
| 8-1 | 8 | 3.0 | 50 |
| 8-2 | 4 | 3.0 | 50 |
| 8-3 | 4 | 3.0 | 50 |

| | | | |
|------|---|-----|----|
| 9-1 | 8 | 2.9 | 48 |
| 9-2 | 4 | 2.9 | 48 |
| 9-3 | 4 | 2.9 | 48 |
| 10-1 | 4 | 3.2 | 50 |
| 10-2 | 4 | 3.2 | 50 |
| 11-1 | 8 | 3.5 | 54 |

Tabella 1.1 – Tipologie Pannelli Specchio Primario

NOTA. I pannelli dello specchio primario sono di grandi dimensioni ed estremamente delicati; il loro profilo si può irrimediabilmente danneggiare se non adeguatamente manipolati. Pertanto poiché si deve procedere con la loro rimozione e successiva installazione questi devono essere maneggiati e immagazzinati adeguatamente e con estrema cura: al concorrente è richiesto di descrivere tale procedura in sede di Offerta tecnica.

Le zone del pannello calpestabili sono quelle in corrispondenza del bordo o delle sezioni Z di rinforzo.

4.1.1 - Note costruttive sui pannelli

Preliminarmente alla costruzione è stato eseguito uno studio ingegneristico per i pannelli della tipologia 6 e 14. La relazione tecnica “**SRT Project Technical Note #06 Reflector Panels**” è inclusa nella documentazione allegata in formato digitale.

Nel loro insieme, (riferimento ai disegni Cospal Composites **SRT-64M-24001-CNR da 001 a 025**), i pannelli sono stati progettati e costruiti seguendo le seguenti regole:

- Le dimensioni dei pannelli sono calcolate partendo dalle dimensioni nominali (“System Dimension” sui disegni Cospal Composites).
- La posizione degli squadri di attacco sono calcolate partendo dalle dimensioni nominali (“System Dimension” sui disegni Cospal Composites).
- Un spazio uniforme di **3±0.5 mm** fra i pannelli adiacenti è previsto in direzione radiale e tangenziale.

L'accuratezza della superficie dei pannelli verificata al termine della costruzione è **≤65µm RMS (1sigma)**

I pannelli sono interamente costruiti in lega di alluminio;

- la superficie riflettente è ricavata da laminati di spessore 1,5mm in lega di alluminio 6082 UNI 9006 stato fisico T651;
- i profili di irrigidimento, 2 longitudinali e quelli trasversali, in numero variabile in base alla dimensione del pannello, sono estrusi, hanno forma di Z e sono in lega di alluminio 6061 UNI 9006 stato fisico T6.

Allo stato attuale sui pannelli risulta presente il ciclo di verniciatura applicato in fabbrica; per garantire l'ancoraggio dell'adesivo epossidico, sui profili e sulle lamiere viene preliminarmente eseguito un processo di anodizzazione all'acido fosforico a cui è stato fatto seguire il ciclo di

verniciatura:

- Sulla sola parte frontale, superficie riflettente, una mano di primer “283PAJ60 aquapoxy aluminum primer” e una mano a finire di “GOLDSTONE 500FHR6 TRITHANE FORMULA” per uno spessore complessivo a film secco di $70 \div 100 \mu\text{m}$. Questi prodotti sono di fornitura della TRIANGLE COATINGS, INC. di San Leandro (USA).
- Sulla parte posteriore e gli squadri di attacco, una mano di primer “GREY EPOX PRIMER code RVFDE00257034” e una mano a finire di “STILPAC RAL 9010 code RVFIP20341” per uno spessore complessivo a film secco di $80 \div 120 \mu\text{m}$.

Questi prodotti sono stati forniti in fase realizzativa della Industrie Chimiche ROVEA di Vignate (Milano). L'aggiudicataria potrà proporre l'utilizzo di un prodotto equivalente, la cui scheda tecnica e procedura di posa dovranno essere sottoposte con congruo anticipo alla Direzione lavori per approvazione.

Dopo la costruzione, i pannelli sono stati misurati tramite fotogrammetria digitale. Per posizionare la “nuvola” di punti rilevata con la fotogrammetria sul profilo teorico, sono stati utilizzati 4 punti di riferimento. Questi punti di riferimento (chiamati “punti zero”) sono definiti da 4 fori $\varnothing 3,2\text{mm}$ ricavati sulla pelle del pannello a coordinate note in prossimità degli angoli.

Le coordinate dei “punti zero” per ciascuna tipologia di pannelli sono disponibili.

4.1.2 - Note sul montaggio dei pannelli

Un spazio uniforme di **$3 \pm 0,5 \text{ mm}$** fra i pannelli adiacenti è previsto in direzione radiale e tangenziale.

Le seguenti note relative alla procedura di montaggio dei pannelli non hanno carattere prescrittivo ma costituiscono dettaglio informativo per l'individuazione di eventuali criticità.

Su ciascun pannello, su uno dei profili Z longitudinali, è stata applicata una targhetta identificativa che, fra gli altri dati, riportava il suo numero di serie. Durante l'installazione si è mantenuta traccia della collocazione dei pannelli tramite la corrispondenza fra il numero di serie del pannello e la combinazione di centina e giro della struttura reticolare.

Questa mappatura è riportata nel documento SRT-PRO-55000-5.7-01. Nel documento non ci sono indicazioni sulla corrispondenza di circa 40 dei 1008 pannelli installati quasi totalmente nel giro 14.

Durante l'installazione dei pannelli ci si è posto l'obiettivo di rispettare il requisito di progetto di mantenere uno spazio uniforme di $3 \pm 0,5\text{mm}$ fra i pannelli adiacenti in direzione radiale e tangenziale.

La distribuzione della luce perimetrale dei pannelli nell'ambito dell'intero specchio attualmente non soddisfa completamente il requisito. In caso di dimostrata impossibilità di raggiungimento della specifica imposta tale configurazione può considerarsi, al limite di worst case, accettabile.

A seguito della installazione in antenna, la posizione dei singoli pannelli riflettenti dello specchio primario è stata aggiustata per cercare di ottenere l'esatto profilo teorico richiesto dal progetto.

Per l'allineamento sono stati considerati significativi ed utilizzati solo 4 punti per ciascun pannello in prossimità degli spigoli; quindi complessivi 4032 punti di misura.

Le misure sono state eseguite con l'antenna a un angolo di elevazione di 45° , tramite l'utilizzo della tecnica di fotogrammetria digitale e dividendo l'intera superficie dello specchio in molte piccole sotto

aree allo scopo di ridurre il contributo dovuto all'errore di misura.

Gli obiettivi raggiunti al termine delle operazioni di allineamento sono stati 2 e cioè:

- Dei 4032 punti, che corrispondono ad angoli misurati, la quasi totalità, cioè circa il 98% degli spigoli di pannelli adiacenti collegati allo stesso attuatore sono posizionati rispetto al profilo teorico della superficie entro $\pm 200\mu\text{m}$. Di questi circa l'85% sono entro $\pm 100\mu\text{m}$.
- Tutti i 4032 punti misurati, si trovano entro un errore di $300\mu\text{m}$ RMS (1sigma) in direzione normale rispetto al profilo teorico dello specchio primario.

Le coordinate del profilo teorico dello specchio primario sono disponibili.

Per aggiustare la posizione dei pannelli, con riferimento al disegno SRT-DWG-G1-12-05_Rev.B, si utilizza la boccia filettata che si trova sulla parte superiore della barra "panel stud" di supporto del pannello. Questa boccia ha un filetto interno sinistrorso M14x1,5mm che permette una corsa di regolazione di $\pm 10\text{mm}$. Il filetto esterno M22x1,5mm permette di bloccare il pannello tramite il dado esagonale, mentre la vite centrale M6 che ingrana nel filetto ricavato al centro della barra, agisce come controdado e oltre a bloccare la rotazione della boccia filettata elimina il gioco presente nel filetto.

La boccia filettata è costruita in acciaio inox AISI 304 L e tutta la bulloneria commerciale è in acciaio inox A2 classe 70.

NOTA. Allo stato attuale ciascuna boccia filettata si trova in una sua specifica ed esclusiva posizione determinata dall'allineamento.

Per procedere con la rimozione e la successiva installazione dei pannelli una speciale doppia chiave coassiale deve essere progettata e costruita. Peculiarità di questa doppia chiave è che una chiave esterna, a tubo, per esagono 32mm deve essere utilizzata simultaneamente con una chiave coassiale interna esagonale da 14mm.

Per conoscenza si riporta che, il dado esagonale M22x1,5mm risulta attualmente essere stato serrato ad un valore di coppia di 90Nm.

Il meccanismo di regolazione della posizione del pannello è accessibile e completamente manovrabile da sopra il pannello attraverso il foro $\varnothing 50\text{mm}$ presente sulla "pelle" del pannello. Il dettaglio del tappo di chiusura del foro e la sequenza per il montaggio sono mostrate nel disegno SRT-DWG-G1-12-06. Entrambi i particolari A e B sono ricavati da estruso in lega di alluminio 6082 UNI 9006 stato fisico T6; per la protezione superficiale è stato eseguito un processo di anodizzazione all'acido solforico e sulla sola faccia superiore del particolare A è stato fatto seguire il ciclo di verniciatura, una mano di primer "283PAJ60 aquapoxy aluminum primer" ed una mano a finire di "GOLDSTONE 500FHR6 TRITHANE FORMULA" per uno spessore complessivo a film secco di $70\div 100\mu\text{m}$.

La bulloneria commerciale è in acciaio inox A2 classe 70.

4.2 - Descrizione interfaccia attuatori-pannelli

Il sistema d'interfaccia degli attuatori elettromeccanici con i pannelli dello specchio primario è riportato nel disegno **SRT-DWG-G1-06-00** ed è costituito di una piastra su cui vengono fissati due o quattro spezzoni filettati. All'estremità libera degli spezzoni, è avvitato il sistema di fissaggio e regolazione dei pannelli.

I materiali utilizzati per la costruzione dei particolari dei sistemi d'interfaccia, come evidenziato nei relativi disegni sono di seguito elencati:

- Acciaio inossidabile SANDVIK SAF 2507
- Acciaio inossidabile AISI 304L (UNI X2CrNi1811)

Tutta la bulloneria, esclusa quella diversamente indicata a disegno, è in acciaio inox A2 classe 70.

I valori della coppia di serraggio sono: M6x1 / 7,2Nm M14x2 / 116 Nm

Come precedentemente descritto, in fase di allineamento, per aggiustare la posizione dei pannelli si utilizza la boccola filettata che si trova sulla parte superiore degli spezzoni (*panel stud*) di supporto del pannello.

4.3 - Descrizione interfaccia struttura reticolare - attuatori

Il sistema di interfaccia fra la struttura reticolare del cesto e gli attuatori del sistema di superficie attiva è mostrato nel disegno **SRT-DWG-G1-10-01** e consiste di 2 elementi, gli squadri come a disegno **SRT-DWG-G1-10-02** e la piastra di appoggio dell'attuatore come a disegno **SRT-DWG-G1-10-03**. Al centro di questa piastra è ricavata una apertura di forma quadrata, con dimensione in tolleranza, dove viene inserito l'attuatore e fissato con 4 viti TE M10x30 che risultano attualmente essere state serrate a un valore di coppia di 48Nm.

Su questi particolari, costruiti in acciaio S355 J0, è stato applicato un trattamento protettivo di zincatura a caldo conforme con la normativa EN ISO 1461.

Tutta la bulloneria commerciale è in acciaio classe di resistenza 8.8 e 10.9 ed è stata trattata con rivestimento elettrolitico di zinco UNI ISO 4081 e UNI ISO 4520 secondo la designazione Fe/Zn 20 c 2D.

Le piastre di interfaccia attuatore sono state opportunamente allineate prima di procedere al montaggio degli attuatori (riferimento al disegno **SRT-DWG-G1-10-05_Rev.A**). Gli obiettivi raggiunti al termine delle operazioni di allineamento sono stati i seguenti:

- Rispetto ai valori teorici nominali, la differenza negli angoli delle piastre in direzione radiale e tangenziale è entro ± 12 arco minuti
- Il prolungamento della linea centrale delle piastre intercetta l'asse dello specchio primario con un errore compreso entro ± 10 arco minuti
- Il punto A (intersezione fra asse attuatore e superficie specchio primario) è incluso entro un cubo di lato 2mm, con il cento nella posizione teorica nominale.

NOTA. Pertanto, allo stato attuale, ciascuna piastra di appoggio degli attuatori si trova in una sua specifica ed esclusiva posizione determinata dall'allineamento e questa posizione non deve essere per nessun motivo modificata.

4.4 - Descrizione attuatori

L'attuatore elettromeccanico completo riportato nella tavola **SRT-DWG-G1-01-00_D** è costituito di una parte meccanica, una parte elettronica e una parte di interfaccia con i pannelli.

L'attuatore è progettato per essere stagno e irreversibile; internamente è dotato di un dispositivo che impedisce la rotazione attorno all'asse della vite a ricircolo di sfere.

La parte meccanica consiste in una coppia di ingranaggi vite senza fine ruota elicoidale e da un sistema chiocciola vite a ricircolo di sfere. Sulla ruota elicoidale è fissata la chiocciola precaricata. Ponendo in rotazione la chiocciola si ottiene un movimento lineare della vite a ricircolo di sfere.

La parte elettrica è composta dal trasformatore di alimentazione, da un motore passo passo e dall'elettronica per la gestione del posizionamento.

La parte di interfaccia con i pannelli consiste di una piastra con due o quattro spezzoni filettati al cui estremo superiore è avvitato il sistema di regolazione dei pannelli.

Su ogni attuatore, nella posizione evidenziata a disegno **SRT-DWG-G1-01-00_D** è applicata una targhetta identificativa che riporta il numero di serie dell'attuatore. Nel numero di serie inciso, il primo numero composto di due cifre identifica il giro su cui dovrà essere montato l'attuatore e corrisponde con l'indirizzo seriale dell'attuatore. Il secondo numero composto sempre da due cifre, identifica la posizione circonferenziale nell'ambito del giro.

Analogamente su ogni coperchio azionamento, nella posizione evidenziata nel disegno **SRT-DWG-G1-03-00_B** è applicata una targhetta identificativa che riporta il numero di serie dell'azionamento. Su questa targhetta, il primo numero composto di due cifre identifica l'indirizzo seriale dell'azionamento, mentre il secondo numero è progressivo ed è composto di tre cifre.

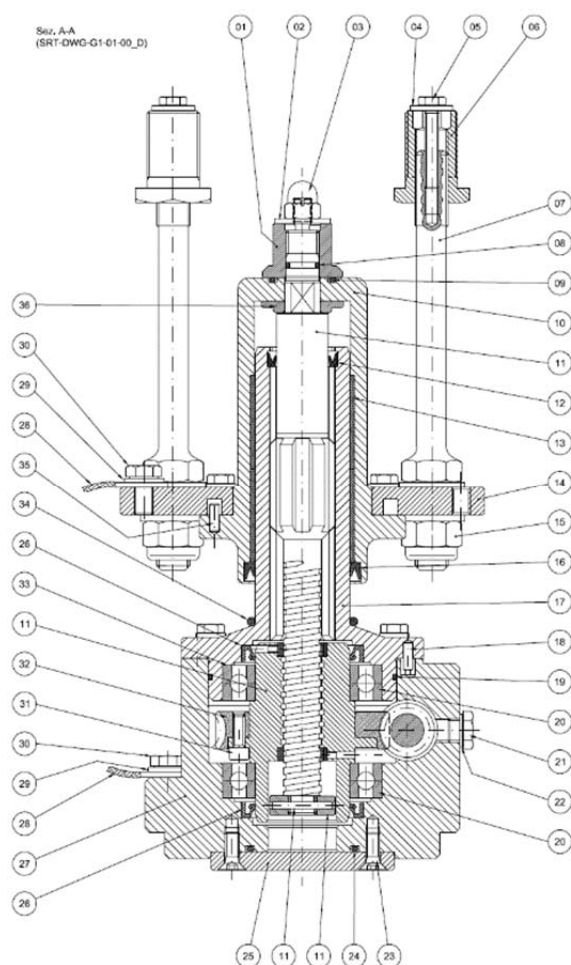
L'attuatore è stato progettato per rispondere ai seguenti requisiti dinamici:

| | |
|-----------------------------|--|
| • Corsa lineare. | ±15 mm rispetto alla posizione centrale. |
| • Velocità | 0,36 mm/sec. |
| • Accuratezza di posizione. | 0,030 mm |

4.4.1 - Attuatori: materiali impiegati

I materiali utilizzati nella costruzione dei particolari dell'attuatore, come evidenziato nei relativi disegni sono:

- Lega di alluminio ANTICORODAL 100 UNI 9006/4 stato fisico di fornitura T6.
- Lega di alluminio ERGAL 55 UNI 9007/2 stato fisico di fornitura T6.



| | | | |
|------|---|------------------|------------------------|
| 36 | Flangia Appoggio (SRT-DWG-G1-01-36) | 1 | Ergal 55 - Anodizzato |
| 35 | Spina UNI EN 28734 - 4x12-A | 1 | Inox A2 - 70 |
| 34 | Guarnizione OR 144 (Ø3.53 - Ø39.69) | 1 | NBR 70 |
| 33 | Anelli Maylar (SRT-DWG-G1-01-33) | x | Maylar |
| 32 | Corona Elkoideale (SRT-DWG-G1-01-32_B) | 1 | G-CuSn12 |
| 31 | Vite Testa Cilindrica Cava Esag. M5x14 ISO 4762 | 4 | Inox A2 - 70 |
| 30 | Vite Testa Esagonale M8x16 ISO 4017 | 2 | Inox A2 - 70 |
| 29 | Rondella Piano Ø6 ISO 7089 | 2 | Inox A2 - 70 |
| 28 | Treccia di rame flessibile - fori Ø9 interesse 230 | 1 | Commerciale |
| 27 | Corpo (SRT-DWG-G1-01-27) | 1 | Anticorrosal 100 |
| 26 | Anello di Tenuta A40627 | 2 | NBR 75 |
| 25 | Tappo Battuta (SRT-DWG-G1-01-25) | 1 | Ergal 55 - Anodizzato |
| 24 | Guarnizione OR 3162 (Ø2.62 - Ø40.95) | 1 | NBR 70 |
| 23 | Vite Testa Svasata Piano Cava Esag. M8x16 UNI 5903 | 6 | Inox A2 - 70 |
| 22 | Rosetta Rame Ø10-Ø14 sp. 1 | 2 | Commerciale |
| 21 | Tappo M10x1 DIN7604 | 2 | Alluminio |
| 20 | Cuscinetto 6006 (Ø40xØ68-15) | 2 | SKF |
| 19 | Guarnizione OR 2300 (Ø1.78 - Ø75.92) | 1 | NBR 70 |
| 18 | Spina UNI-EN 28734 - 4x12-A | 1 | Inox A2 - 70 |
| 17 | Flangia Coperchio (SRT-DWG-G1-01-17) | 1 | Ergal 55 - Anodizzato |
| 16 | Guarnizione a Labbro DIM 40-50 | 1 | NBR 65 |
| 15 | Dado Esagonale Autofrenante M14 UNI 7473 | 4 | Inox A2 - 70 |
| 14 | Plastra (SRT-DWG-G1-01-14_B) | 1 | Inox AISI 304 L |
| 13 | Cuscinetti Radenti iglidur L1 Ø40-Ø44 | 2 | Commerciale - IGUS |
| 12 | Guarnizione a Labbro DIM 22 | 1 | NBR 65 |
| 11 | Vite a Rilevolo di Sfere (SRT-DWG-G1-02-00_B) | 1 | Acc CF53 - Tempra Ind. |
| 10 | Tubo (SRT-DWG-G1-01-10_B) | 1 | Ergal 55 - Anodizzato |
| 09 | Guarnizione OR 130 (Ø2.62 - Ø22.22) | 1 | NBR 70 |
| 08 | Guarnizione OR 114 (Ø1.78 - Ø11.11) | 1 | NBR 70 |
| 07 | Spezzone (SRT-DWG-G1-01-07) | 4 | Sandvik SAF 2507 |
| 06 | Supporto (SRT-DWG-G1-01-06) | 4 | Inox AISI 304 L |
| 05 | Vite Testa esag. ISO 4017 - M8x35 | 4 | Inox A2 - 70 |
| 04 | Rondella Piano Ø6-Ø18 ISO 7093 | 4 | Inox A2 - 70 |
| 03 | Dado Esagonale Ceco con Calotta Sferica M8 UNI 5721 | 1 | Inox A2 - 70 |
| 02 | Rondella Piano Ø6-Ø24 ISO 7093 | 1 | Inox A2 - 70 |
| 01 | Chioda di Serraggio (SRT-DWG-G1-01-01) | 1 | Ergal 55 - Anodizzato |
| Pos. | Denominazione | Q. ¹⁰ | MATERIALE / NOTE |

I particolari costruiti in lega di alluminio, come sopra, sono stati preventivamente protetti, dopo la lavorazione, tramite trattamento galvanico di Ossidazione Anodica all'acido solforico o di cromatazione "ALODINE 1200" come espressamente indicato a disegno.

In seguito alle fasi di montaggio e di test in fabbrica gli attuatori sono stati verniciati secondo il ciclo di seguito evidenziato:

- una mano di primer "GREY EPOX PRIMER code RVFDE00257034";
- una mano a finire di "STILPAC RAL 9010 code RVFIP20341" per uno spessore complessivo a film secco di 70÷80µm.

Questi prodotti sono stati forniti in fase realizzativa della Industrie Chimiche ROVEA di Vignate (Milano). L'aggiudicataria potrà proporre l'utilizzo di un prodotto equivalente, la cui scheda tecnica e procedura di posa dovrà essere sottoposta con congruo anticipo per approvazione alla Direzione lavori. Nel disegno **SRT-DWG-G1-04-00** sono evidenziate *le parti dell'attuatore che non sono state verniciate*.

Tutta la bulloneria, a esclusione di quella diversamente indicata a disegno, è in acciaio inox A2 classe 70. I valori di coppia cui sono stati serrati, sono di seguito riportati:

| Misura bullone | Coppia di serraggio |
|----------------|---------------------|
| M3 x 0,5 | 1,5Nm |
| M4 x 0,7 | 2,4Nm |
| M5 x 0,8 | 5,5Nm |
| M6 x 1 | 7,2Nm |
| M8 x 1,25 | 16Nm |

4.4.2 - Attuatori: calibrazione e misura del gioco assiale

Come si può vedere nel disegno **SRT-DWG-G1-01-00_D**, a supporto della chiocciola a ricircolo di sfere, sono stati utilizzati cuscinetti radiali a sfere. Questa tipologia di cuscinetti, per le loro caratteristiche hanno un elevato gioco assiale che può essere eliminato tramite una registrazione individuale. Per questo durante il montaggio in officina, su ciascun attuatore è stata eseguita una specifica procedura atta alla regolazione del gioco assiale dell'asse di movimento lineare in uscita.

Le seguenti note relative alla procedura di calibrazione e misura del gioco assiale utilizzate in fase di montaggio descrivono la procedura implementata in fase di montaggio iniziale degli attuatori.

Di seguito per conoscenza, sono riportate le fasi della procedura così come furono messe in pratica.

Attrezzatura utilizzata:

- Una piccola pressa pneumatica che lavorava in trazione e compressione con una forza regolabile nell'intervallo di $\pm 150 \div 600\text{N}$.
- Un comparatore centesimale
- Un comparatore millesimale.

Procedura con Riferimento al disegno SRT-DWG-G1-01-00_D.

- Montare la flangia coperchio (part. 17) e fissarla provvisoriamente con tre viti (part. 77 e 78) a 120° .
- A questo punto si può eseguire la procedura per misurare il gioco assiale dei cuscinetti radiali (part. 20). Fissare il corpo dell'attuatore alla base della pressa. Tramite un adattatore, avvitato al perno filettato sull'estremità libera, fissare la vite a ricircolo di sfere al pistone della pressa. Tarare la pressa a un valore di spinta di $\pm 500\text{N}$. Appoggiare la testina di un comparatore centesimale sull'estremità libera della vite a ricircolo di sfere in modo tale che possa rilevare gli spostamenti assiali ed azzerarlo. Applicare con la pressa un ciclo di trazione compressione e annotare il valore dello spostamento letto sul comparatore. Il "pacco" degli spessori da inserire è dato da questo valore letto $+0,02\text{mm}$.
- Smontare la flangia coperchio (part. 17) e inserire il "pacco" degli spessori in mylar (part. 33)

nella zona evidenziata a disegno. Ingrassare il profilo scanalato sulla vite a ricircolo di sfere. Rimontare la flangia coperchio e fissarla.

- Prestare attenzione a orientare la flangia coperchio in modo che le quattro facce dell'innesto quadro sull'estremità libera della vite a ricircolo di sfere siano parallele ai lati del corpo dell'attuatore.
- Infilare sulla vite a ricircolo di sfere la flangia di appoggio (part. 36). Inserire sulla flangia coperchio la guarnizione OR (part. 34) e montare il tubo (part. 10). Spalmare un velo di grasso sulle guarnizioni OR (part. 08 e 09) e inserirle nelle relative sedi. Avvitare la ghiera di serraggio (part. 01 – filettatura sinistrorsa - coppia di serraggio 90Nm).

Quale procedura di certificazione effettuare successivamente una misura di validazione del gioco assiale sull'asse di movimento lineare.

NOTA PRESCRITTIVA. Il valore massimo del gioco assiale accettato è di 0,030mm.

- Fissare il corpo dell'attuatore (part.27) alla base della pressa. Tramite un adattatore, avvitato al perno filettato sull'estremità libera, fissare la vite a ricircolo di sfere (part. 11) al pistone della pressa. Tarare la pressa a un valore di spinta di $\pm 250\text{N}$. Appoggiare la testina di un comparatore millesimale sull'estremità libera dell'attuatore in modo tale che possa rilevare gli spostamenti assiali ed azzerarlo. Applicare con la pressa un ciclo di trazione compressione e annotare il valore dello spostamento letto sul comparatore in un apposito modulo cartaceo che dovrà essere fornito a INAF.

Rimuovere l'attuatore dalla pressa e avvitare all'estremità della vite a ricircolo di sfere il dado a calotta M8 (part.03 – coppia di serraggio 16Nm).

4.5 - Attuatori: cablaggio

Il sistema di superficie attiva nella sua rete complessiva di collegamento ricopia la geometria della struttura reticolare di supporto dello specchio primario dove i 1116 attuatori sono organizzati in una stella di 96 catene radiali, ciascuna delle quali è formata da un minimo di 9 ad un massimo di 16 attuatori in cascata.

Ciascuna linea radiale agisce come un canale di comunicazione (bus) dove gli attuatori sono collegati in sequenza fra loro (*daisy chain*).

Sulla stessa linea è l'attuatore stesso che agisce da "ponte" fra il precedente e il successivo; infatti ciascun attuatore ha 2 connettori, collegati in parallelo; quello maschio (J2) è il connettore di ingresso mentre quello femmina (J1) è il connettore di uscita che collega l'attuatore successivo.

Ciascun gruppo di 12 linee radiali è collegato ad una scatola di distribuzione, per un totale di 8 scatole di distribuzione che formano il centro della stella e sono posizionate all'interno della stanza ricavata centralmente alla struttura reticolare di supporto (BUS Hoop#1).

Lo schema generale di collegamento della rete complessiva è mostrato nel disegno **SRT-DWG-G1-11-05**.

I cavi utilizzati per la connessione degli attuatori nella rete sono stati ancorati direttamente ai profili della struttura reticolare tramite delle fascette plastiche in poliammide nera.

I cavi di connessione degli attuatori del sistema di superficie sono provvisti di connettori da entrambi i lati e quindi la procedura di scollegamento e successivo collegamento dalla rete degli attuatori è semplice e veloce. *Le specifiche tecniche per la costruzione dei cavi sono riportate nel documento **SRT-TS-G1-03-00** allegato a questo documento; si allega inoltre la scheda di specifica tecnica del cavo misto di fornitura, tipo Pirelli Cavi MAS RS485.*

4.6 - Squadri

Per il montaggio dei pannelli sugli attuatori, sono utilizzati 4 squadri, uno in ciascun angolo del pannello (riferimento al disegno **SRT-DWG-G1-12-05_Rev.B**). Gli squadri sono costruiti in fusione in lega di alluminio Al Zn 10Si8Mg UNI 1676 stato fisico T1.

Art. 5 - Analisi delle criticità

Dopo 36 mesi dalla installazione in antenna degli attuatori del sistema di superficie attiva dello specchio primario di SRT, si è manifestato un esteso fenomeno di corrosione che ha interessato alcuni particolari in lega di alluminio della superficie attiva del Sardinia Radio Telescope. Il fenomeno ha principalmente interessato:

- 1) I connettori elettrici degli attuatori
- 2) Gli attuatori
- 3) Gli squadri dei pannelli

Di seguito sono presi in esame tali particolari e sono forniti alcuni elementi sul fenomeno.

5.1 - Elementi critici - Connettori elettrici

E' evidente sulla carcassa dei connettori elettrici un fenomeno di ossidazione; si vedano a tal proposito le 2 fotografie a seguire, dove è chiaramente visibile la presenza sul corpo dei connettori di una sostanza di colore bianco riconducibile all'ossido di alluminio.



Per questa tipologia di connettori elettrici nella versione standard utilizzata, il corpo è costruito in lega di alluminio e subisce un trattamento superficiale di cromatazione e passivazione che conferisce al connettore una colorazione verde oliva. La cromatazione, forma uno strato con un'ottima resistenza alla corrosione che generalmente è sufficiente a garantire lunghi periodi di esposizione in esterno senza che appaia evidenza di ossidazione.

5.2 Elementi critici - Attuatori

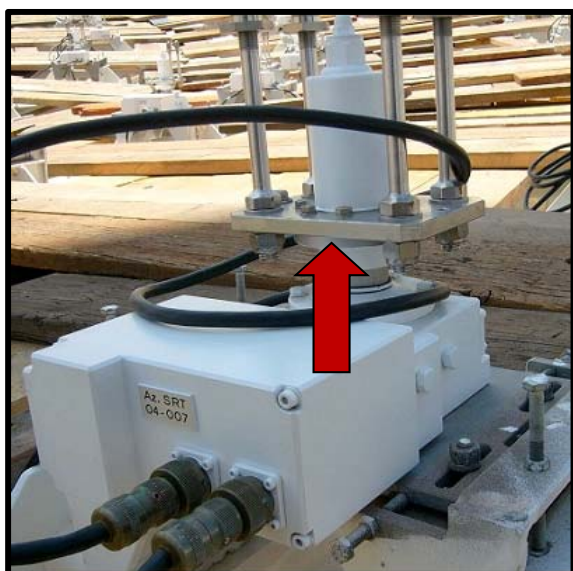
La corrosione interessa diffusamente anche altre parti dell'antenna. Sono stati trovati a terra, sul basamento dell'antenna, alcuni frammenti di lega di alluminio che presentavano evidenti segni di corrosione che ne avevano presumibilmente determinato il distacco.

I frammenti di alluminio, uno dei quali è mostrato nell'immagine a fianco, provengono dagli attuatori del sistema superficie attiva. Il fenomeno si manifesta in corrispondenza delle viti di bloccaggio della piastra di ancoraggio dei tiranti di sostegno dei pannelli dello specchio primario agli attuatori.



Si tratta della zona dell'accoppiamento mostrato nelle fotografie a seguire; i pezzi distaccati sono localizzati nel particolare dell'attuatore evidenziato dalla freccia (**disegno SRT-DWG-G1-01-00_D - part. 10**).

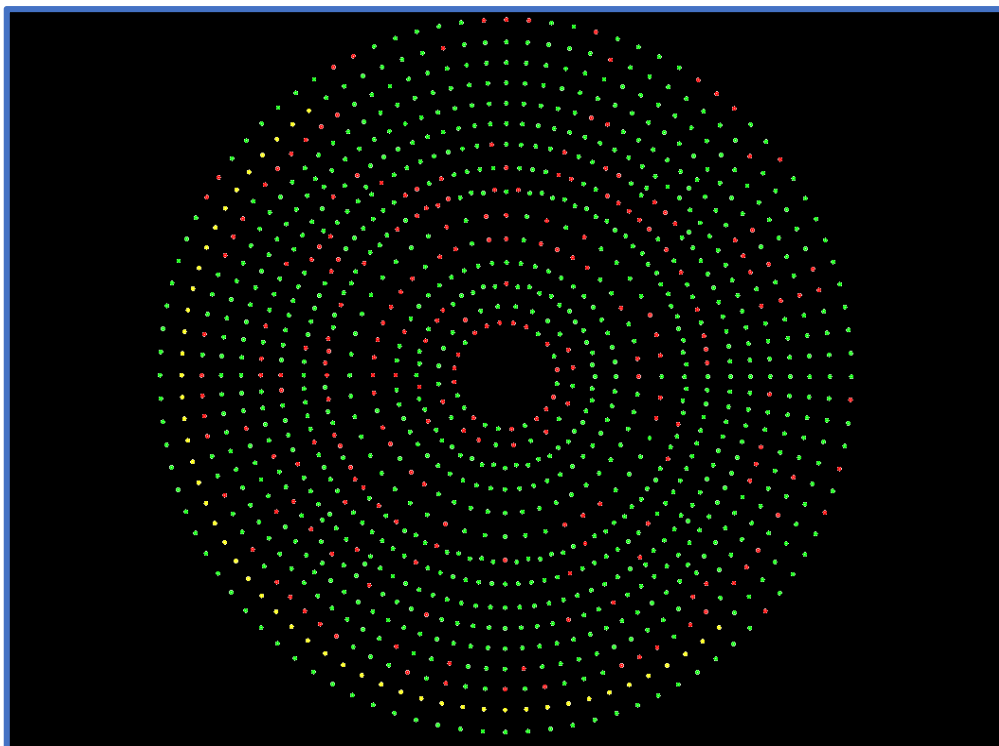
Nella fotografia sul lato sinistro, scattata nell'ottobre 2010, durante la fase di installazione degli attuatori in antenna è interessante anche notare come si presentavano visivamente i connettori elettrici così da poterli confrontare con le fotografie soprariportate degli stessi connettori scattate nel luglio 2013.



Al fine di valutare quale fosse la situazione degli attuatori installati in antenna sono state utilizzate videocamere endoscopiche, che hanno permesso di ispezionare e fotografare la zona indicata dalle frecce bianche nelle 2 fotografie quando l'operatore si trova sui pannelli dello specchio primario. Nel novembre 2014 dei 1116 attuatori installati, 1098 risultano visionati e ben 236 di questi mostrano segni evidenti di distacco di pezzi con la medesima conformazione di quelli trovati a terra. La pagina seguente riporta una serie di fotografie che evidenziano il fenomeno.



La seguente immagine mostra invece la distribuzione degli attuatori danneggiati che sono rappresentati da punti rossi, mentre i punti verdi rappresentano quelli che, alla data indicata, non presentavano fenomeni macroscopici di corrosione o distacchi.



La corrosione si presenta prevalentemente in corrispondenza della zona di accoppiamento fra la piastra di sostegno dei pannelli e il tubo di movimento dell'attuatore dove ci sono i fori filettati per le viti di serraggio.

Valutando gli effetti prodotti sui particolari meccanici nell'ambito delle principali forme di corrosione dei materiali metallici, questo può essere imputato a uno o all'effetto combinato di più fattori quali tensocorrosione, corrosione bimetallica e corrosione interstiziale.

Dato che i fenomeni di corrosione sono dominati principalmente dalla tipologia dei materiali e dalle condizioni ambientali in cui questi si vengono a trovare, nella zona dove si sta evidenziando il problema delle rotture del particolare costruito in lega di alluminio ERGAL 55 stato fisico di fornitura T6, siamo in presenza di un accoppiamento con le seguenti caratteristiche:

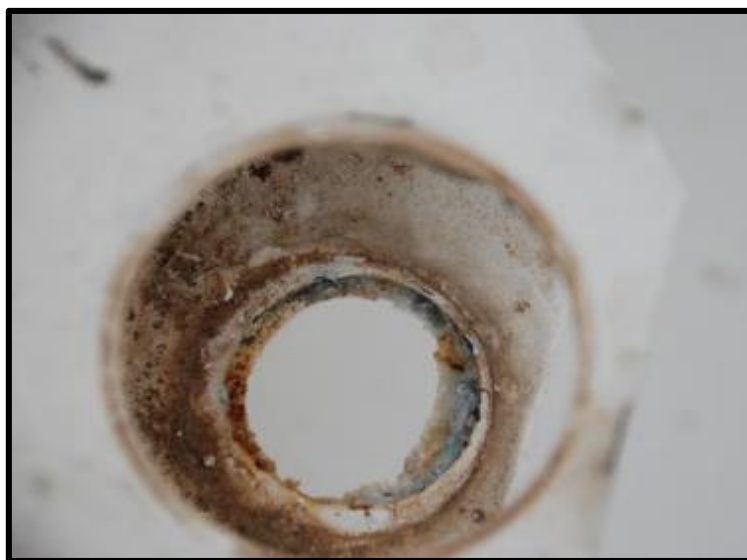
- **I materiali metallici a diretto contatto, nell'accoppiamento piastra-tubo, sono acciaio inox AISI 304L (attivo) con Lega di alluminio ERGAL 55 stato fisico di fornitura T6;**
- **Nella zona di contatto suddetta, sulla superficie del particolare in lega di alluminio ERGAL 55 stato fisico di fornitura T6 vi è il solo trattamento superficiale di ossidazione anodica all'acido solforico senza applicazione della verniciatura;**
- **I fori per le viti di fissaggio sono passanti sulla piastra in acciaio inox AISI 304L e filettati sul particolare in lega di alluminio ERGAL 55 stato fisico di fornitura T6.**

- Le viti di collegamento, in acciaio inox A2, si accoppiano ed ingranano sul particolare in lega di alluminio ERGAL 55 stato fisico di fornitura T6; il gambo della vite rimane all'interno del foro filettato per qualche millimetro;
- Le viti di collegamento, in acciaio inox A2, sono M6 e da capitolato sono state serrate ad una coppia di 7,5Nm; quindi generano un precarico di trazione sul filetto ricavato nel particolare in lega di alluminio ERGAL 55 stato fisico di fornitura T6 di circa 6500N.

A riguardo della lega di alluminio ERGAL 55 (meglio classificabile come AA7075) in letteratura è possibile reperire le seguenti informazioni: ***lega alluminio-zinco-magnesio-rame, utilizzata per applicazioni generali sofisticate, caratterizzata da ottime caratteristiche di lavorabilità alle macchine utensili e da elevatissima resistenza.*** Nella meccanica generale è normalmente utilizzata nello stato T6, che fornisce la massima resistenza meccanica ma può presentare seri problemi di tensocorrosione. E' possibile ridurre il fenomeno corrosivo adottando opportuni sistemi di protezione superficiale e mediante un'opportuna progettazione geometrica del componente (e.g. evitando cavità o fessure in cui possa raccogliersi il mezzo aggressivo).

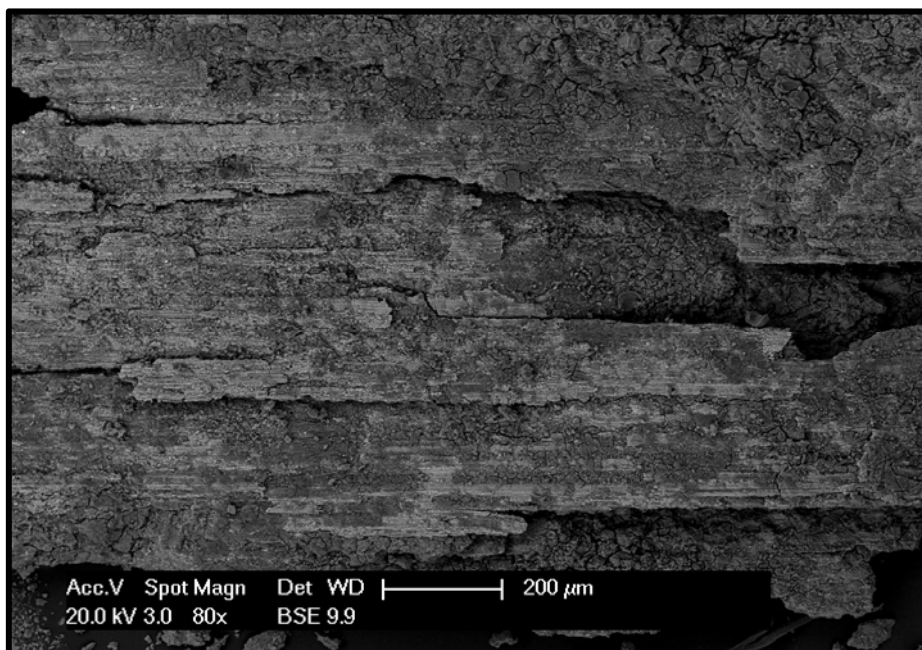
5.3 Elementi critici - Squadri

La connessione tra i pannelli e gli attuatori avviene attraverso quattro squadri in alluminio, uno in ciascuno spigolo del pannello (riferimento al disegno **SRT-DWG-G1-12-05_Rev.B**). Gli squadri sono costruiti in fusione in lega di alluminio Al Zn 10Si8Mg UNI 1676 stato fisico T1. Il controllo dello stato degli squadri in alluminio ha evidenziato che i fori degli stessi presentano consistenti depositi di una sostanza gelatinosa (vedi figura). La superficie del foro una volta ripulita appare leggermente erosa.

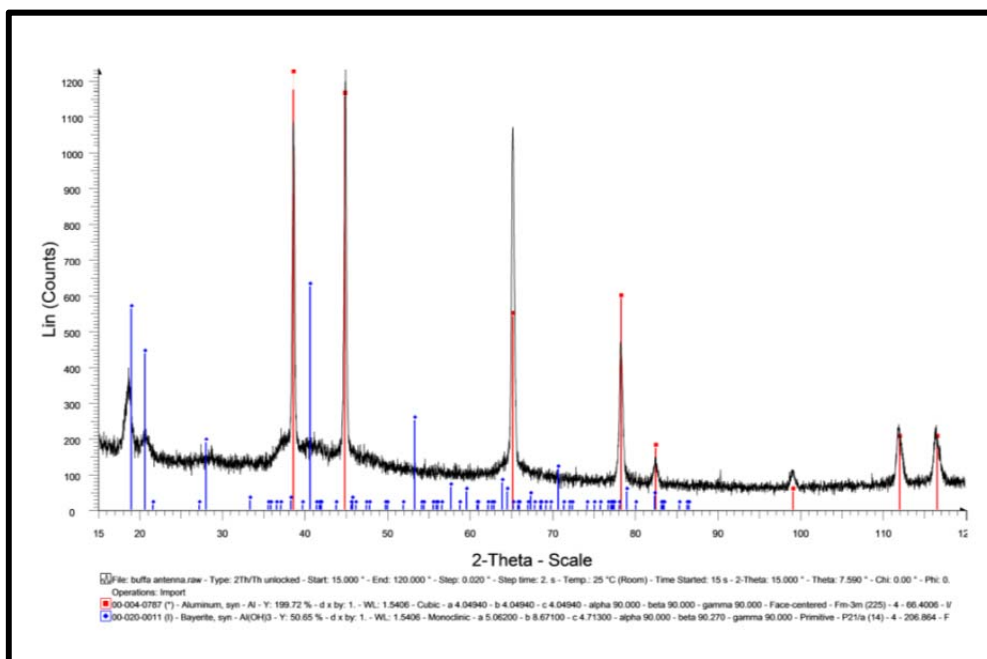


Art. 6 - Indagini svolte

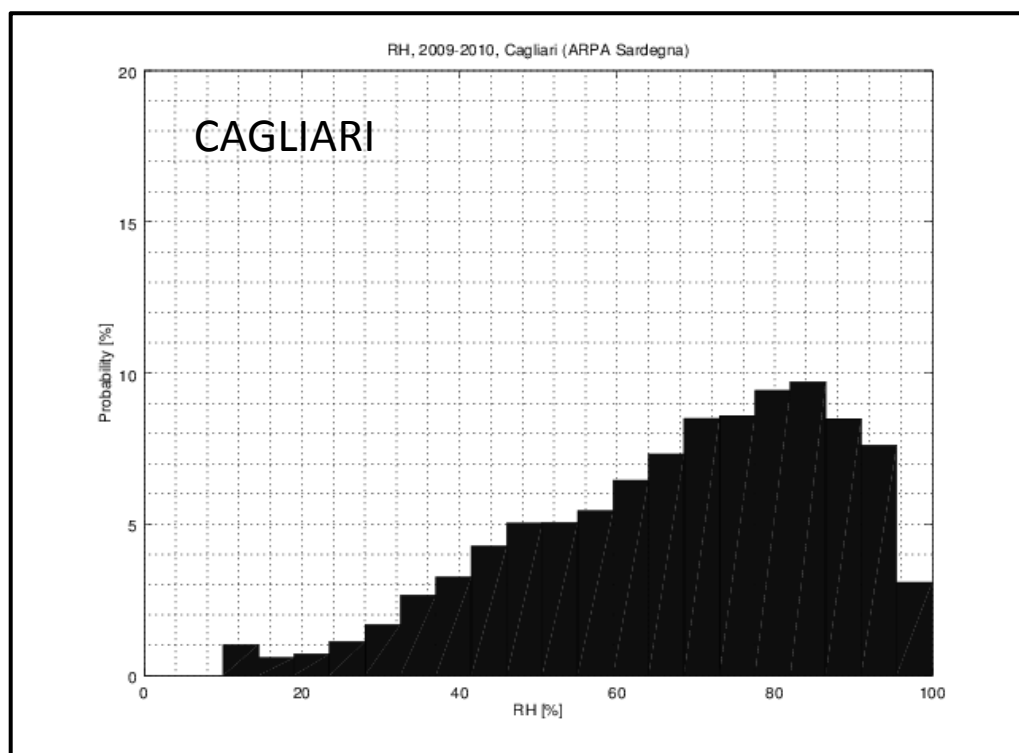
- Ci si è rivolti a un Gruppo di ricerca del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano che opera presso il polo territoriale di Lecco, che ha pubblicato lavori su trattamenti termici di invecchiamento artificiale della lega di alluminio AA7075 al fine di migliorarne le caratteristiche di resistenza a tensocorrosione. Dalle indagini tramite analisi metallurgica da loro effettuate, si è avuto conferma che la lega di alluminio con cui è stato costruito il particolare meccanico che si sta danneggiando corrisponde con le caratteristiche della lega ERGAL 55 stato fisico T6. La relazione tecnica preparata dal Politecnico di Milano è disponibile e fornita quale allegato al presente documento (**Relazione POLIMI.pdf**).
- Ci si è rivolti al centro di microscopia elettronica dell'Università dell'Insubria al quale sono stati affidati alcuni frammenti rinvenuti a terra provenienti dagli attuatori. Le microfotografie (figura) evidenziano la presenza, nei campioni, di cracking indotto da tensocorrosioni, in altre immagini a più forte ingrandimento sembrano emergere con evidenza fratturazioni intra e infra-grano tipiche di questi fenomeni. I risultati della microanalisi convergono sostanzialmente su quelli del Politecnico di Milano evidenziando lo stato avanzato di ossidazione della lega (microfotografie e risultati della microanalisi possono essere forniti su richiesta).

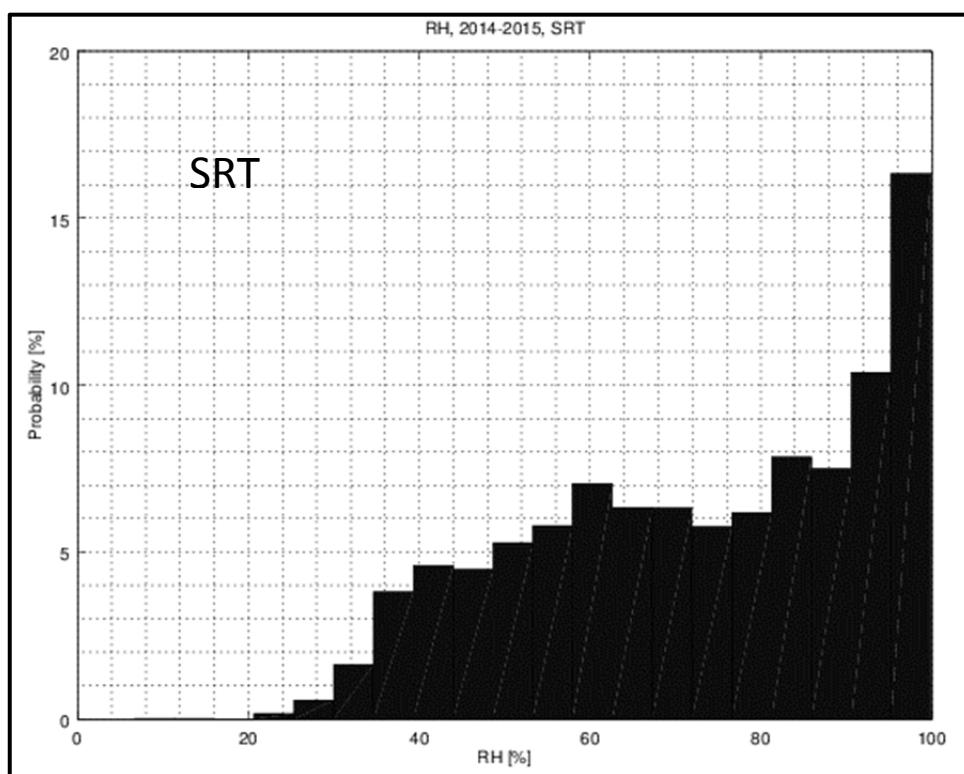


- I campioni prelevati dagli attuatori e dagli squadri sono stati analizzati con tecniche cristallografiche. Dagli spettri di diffrazione X a polveri è stato possibile inferire che il gel rinvenuto su alcuni campioni è una sostanza amorfa, la pseudo-boehmite, precursore della più stabile boehmite cristallina nella quale evolve. L'indicizzazione degli spettri è stata resa difficoltosa dalla natura polifasica dei campioni (fase amorfa, fase cristallina dell'idrossido e lega non trasformata), ma è sufficiente a restituire un quadro abbastanza chiaro della cinetica del processo che sta compromettendo le parti meccaniche dell'antenna (i diffrattogrammi possono essere forniti su richiesta).



- Il sito dell'antenna SRT è sede di importanti fenomeni di condensazione dell'umidità atmosferica. In tal senso è da ritenersi che, tutte le parti meccaniche dell'antenna siano immerse in un ambiente che favorisce i processi corrosivi. Le due figure seguenti permettono di confrontare le distribuzioni di umidità relativa ottenute considerando serie storiche pluriennali relative alla città di Cagliari e al sito di SRT.





E' evidente che la distribuzione relativa a SRT mostra una predisposizione per la condensazione che è favorita da alti tassi di umidità. Da studi ulteriori è risultato che l'incidenza del fenomeno della condensazione presso il sito di SRT è massima, e in qualche misura fuori norma, nelle ore notturne. Tale predisposizione del sito per i fenomeni di condensazione è dovuta, tra l'altro, alla quota e alla particolare conformazione del sito stesso che è collocato in una conca circondata da rilievi (le serie storiche possono essere fornite su richiesta).

6.1 Indagini in itinere

Al fine di approfondire l'analisi dei fenomeni in atto, il Committente ha avviato ulteriori indagini i cui risultati, sotto forma di relazioni tecniche e dati, saranno forniti all'aggiudicatario quando disponibili, in modalità *best effort*. La stazione appaltante non è vincolata a fornire l'eventuale documentazione di cui sopra.

6.2 Ispezione di un attuatore danneggiato

Uno degli attuatori in opera è stato rimosso ed è stato sottoposto ad ispezione visiva. L'attuatore presentava distacchi ad arco (vedi foto successiva) in corrispondenza dei fori filettati della flangia del tubo (tavola **SRT-DWG-G1-01-00_D part. 10**) dello stesso tipo evidenziato dall'ispezione con sonde endoscopiche. Una volta rimossa, con una certa difficoltà, la piastra in acciaio (tavola **SRT-DWG-G1-01-00_D part. 14**) si è potuto appurare che anche la parte del colletto a contatto con la piastra (tavola **SRT-DWG-G1-01-00_D part. 14**) presentava evidente corrosione e possibili deformazioni plastiche. Le parti meccaniche ed elettriche interne dell'attuatore apparivano del tutto integre.



Art. 7 - Processo di integrazione

Questo paragrafo riporta delle mere indicazioni operative che dovranno essere recepite ed elaborate dal concorrente sulla base della propria esperienza e riportate nell'Offerta tecnica, al fine di predisporre la soluzione tecnica migliore per l'intervento di ripristino dell'attuatore.

Il Sistema Superficie Attiva è stato ideato e progettato considerando la possibilità di poter intervenire per sostituire in parte o completamente un attuatore senza compromettere l'allineamento dello specchio riflettente. In questo caso dovendo intervenire su tutti gli attuatori è necessario individuare quale sia la procedura migliore per raggiungere l'obiettivo.

La sequenza operativa delle attività può essere così elencata:

1. Smontaggio delle piastre di tenuta di sicurezza attualmente installate a titolo precauzionale come protezione dei pannelli. *Dette piastre non dovranno essere ripristinate al termine dell'intervento sugli attuatori, bensì andrà ripristinato il dado cieco M8 montato in origine.*
2. Smontaggio dei pannelli agendo sul sistema di fissaggio, accessibile e completamente manovrabile da sopra il pannello attraverso il foro Ø50mm presente in prossimità dei quattro spigoli sulla "pelle" del pannello.
3. Manutenzione e stoccaggio (a terra o in quota) dei pannelli per il periodo dell'intervento sugli attuatori.
4. Intervento di manutenzione sull'attuatore (a terra o in quota) con particolare attenzione al castelletto di interfaccia attuatore-pannello.
5. Sostituzione dei cavi danneggiati.
6. Rimontaggio e bloccaggio dei pannelli nelle medesime posizioni secondo numerazione

codificata.

7. A dimostrazione dell'accuratezza del lavoro effettuato, la misura dell'allineamento dei pannelli, in termini di RMS locale (quattro corners) e RMS globale dello specchio primario effettuato con il radiotelescopio posizionato a 45 deg.
8. Eventuale riallineamento nel caso la verifica al punto precedente non fosse rispettata.
9. Verniciatura dei pannelli.

NOTA. Alla consegna dell'antenna per l'esecuzione dell'intervento, tutti gli attuatori del SSA saranno nella loro posizione nominale cioè alla metà della corsa lineare. Il SSA sarà disattivato e privo della tensione di alimentazione così da scongiurare qualsiasi possibilità di movimento indesiderato.

Tutti gli attuatori dovranno essere re-integrati sull'antenna posizionati nella loro posizione nominale cioè alla metà della corsa lineare

Le note relative alla procedura di integrazione sono riportate in Appendix 1. Esse non hanno carattere prescrittivo e vincolante ma costituiscono una fonte di informazione per l'individuazione sia della procedura finale sia di eventuali criticità.

Art. 8 – Requisiti

Nella seguenti tre tabelle sono riportate rispettivamente:

1. Specifiche di progetto, da validare prima della chiusura dei lavori e da includere in dedicati certificati di qualità
2. Valori desiderati di progetto per i quali è prevista una maggiorazione di max 5 punti per la proposta che li consideri specifiche di progetto, di cui al punto precedente.
3. Valori desiderati di progetto, (da effettuare sul 5% degli attuatori) la cui verifica è richiesta, ma i cui valori non sono vincolanti ai fini dell'accettazione finale dei lavori.

| | |
|--|----------------------------------|
| Actuator | |
| Stroke | $\pm 15\text{mm}$ |
| Axial Operating Load | 1000N |
| Axial Survival Load (FEA) | 10000N |
| Radial Survival Load (FEA) | 7000N |
| Speed | 21.5mm/minute |
| Lifetime (componenti sostituiti) | 20 years |
| Mirror | |
| Radial and tangential gap between panels | $3 \pm 0,5 \text{ mm}$ |
| Primary mirror shape accuracy | $\text{RMS} \leq 500\mu\text{m}$ |
| Panels corners alignment (Single actuator) | $\pm 100\mu\text{m}$ |
| | |

Tabella 1

| | |
|----------------------|---|
| Actuator | |
| Axial Operating Load | 3000N (maggiorazione di 5 punti) |
| Axial Operating Load | \geq del valore misurato in ingresso del singolo attuatore, ma mai inferiore a 1000N (maggiorazione di 3 punti). Ciò richiede necessariamente una verifica delle performance di spinta degli attuatori prima del loro smontaggio |

Tabella 2

| | |
|---------------------------|-----------------------|
| Actuator | |
| Weight | |
| Axial accuracy (backlash) | $\leq 0,030\text{mm}$ |
| Axial Stiffness | 40-50N/ μm |

Tabella 3

APPENDIX 1 – Note sul processo di integrazione

Smontaggio pannelli

L'operazione di smontaggio dei pannelli è critica, in quanto se non eseguita correttamente può portare al completo disallineamento degli stessi, con conseguente necessità di ripristino, operazione onerosa economicamente e in termini di tempo, a carico del concorrente aggiudicatario. Infatti allo stato attuale ciascuna boccola filettata (boccola di allineamento e fissaggio del pannello) si trova in una sua specifica ed esclusiva posizione determinata dall'allineamento e sarebbe auspicabile adottare una procedura adeguata al mantenerla tale o il più prossima possibile a questa condizione.

Per procedere con la rimozione e la successiva installazione dei pannelli una speciale doppia chiave coassiale deve essere progettata e costruita. Peculiarità di questa doppia chiave è che una chiave esterna, a tubo, per esagono 32mm deve essere utilizzata simultaneamente con una chiave coassiale interna esagonale da 14mm.

Per conoscenza si riporta che, il dado esagonale M22x1,5mm risulta attualmente essere stato serrato ad un valore di coppia di 90Nm.

Il meccanismo di regolazione della posizione del pannello è accessibile e completamente manovrabile da sopra il pannello attraverso il foro Ø50mm presente sulla "pelle" del pannello. Il dettaglio del tappo di chiusura del foro e la sequenza per il montaggio sono mostrate nel disegno **SRT-DWG-G1-12-06**.

I pannelli rimossi devono essere successivamente reinstallati nella medesima posizione. Pertanto si deve:

1. Verificare sempre la corrispondenza fra la mappatura riportata nel documento **SRT-PRO-55000-5.7-01** e quanto realmente installato in antenna ed annotare e segnalare eventuali incongruenze.
2. Per le combinazioni mancanti si deve annotare e mantenere traccia della esatta configurazione installata in antenna.
3. Utilizzare distanziatori in plastica o metallo di adeguato spessore inseriti, in direzione radiali e tangenziale, fra i pannelli adiacenti per regolarli e uniformarli alla giusta distanza.
4. Preparare un documento, da consegnare al Committente, che riporti per tutti i 1008 pannelli, l'esatta corrispondenza fra il numero di serie del pannello e la combinazione di centina e giro della struttura reticolare.

NOTA: I pannelli sono oggetti molto delicati e vanno movimentati con molta attenzione. E' necessario adottare accorgimenti affinché non subiscano urti o comunque graffi nella superficie riflettente. Viene richiesto che nella fase di smontaggio ed eventuale stoccaggio degli stessi vengano prese precauzioni al fine di preservare la geometria e l'RMS superficiale. Nel caso venisse deciso di trasportare i pannelli fuori dal sito, viene richiesto un metodo di verifica dell'integrità degli stessi prima del rimontaggio in antenna.

Montaggio dei pannelli.

Vedi Capitolo 4.1.2

Manutenzione squadre ancoraggio pannelli

In fase di costruzione dei pannelli gli squadre sono stati incollati (tramite colla epossidica bicomponente) e rivettati alla struttura portante del pannello; non hanno subito nessun trattamento galvanico e sono stati verniciati con ciclo a 2 mani primer epossidico + finitura.

Come si può vedere in disegno **SRT-DWG-G1-12-05_B**, nel montaggio in antenna lo squadra si trova serrato fra 2 rondelle in Inox AISI-304 classe A2.

Non potendo sostituire gli squadre di attacco al pannello e in considerazione delle sollecitazioni a cui sono soggetti (riportate nella relazione tecnica pannelli specchio primario “**SRT Project Technical Note #06 Reflector Panels**”), **è richiesto al concorrente aggiudicatario di valutare se gli effetti di corrosione diffusa o di accoppiamento galvanico tra gli squadre e le rondelle in acciaio inox possano rivelarsi critici per la futura sopravvivenza dello squadra.**

In caso emerga la necessità della messa in opera di un presidio atto a interrompere definitivamente l'accoppiamento galvanico così da preservare la sopravvivenza dello squadra, questo deve essere progettato in modo che:

- Non deve essere modificata l'attuale distanza A (base di appoggio attuatore – superficie riflettente pannello) indicata a disegno **SRT-DWG-G1-12-05_B**
- Non devono essere modificati i particolari disegno **SRT-DWG-G1-01-07 (spezzone)** e disegno **SRT-DWG-G1-01-06 (supporto)**.

NOTA. L'intervento dovrà comunque prevedere la pulizia degli squadre in modo da rimuovere i prodotti di corrosione e la loro riverniciatura.

Sistema Interfaccia Attuatori Pannelli

Ciascun sistema di interfaccia attuatore – pannelli è specifico di quell'attuatore e non deve essere per nessun motivo sostituito o modificato nel suo verso di installazione sull'attuatore (a meno che una singola parte non risulti danneggiata e ne sia consigliabile la sostituzione).

Pertanto, si ritiene che, quando si procede con lo smontaggio dagli attuatori del sistema d'interfaccia con i pannelli si debba prima:

- Verificare che l'attuatore si trovi nella posizione nominale a metà della corsa lineare misurando se la quota B, come a disegno **SRT-DWG-G1-11-01_B**, è di circa 75,1mm entro $\pm 0,5$ mm. Nel caso questa quota risulti diversa non intervenire ed informare il committente.
- Marcare in modo chiaro e univoco la corrispondenza e la “fasatura” attuatore – interfaccia pannelli così da poterlo poi rimontare nella medesima configurazione.

Una volta eseguita la sostituzione delle parti meccaniche dell'attuatore e rimontata l'interfaccia rimisurare la quota B, come a disegno **SRT-DWG-G1-11-01_B**, che deve risultare uguale alla precedente nell'ambito di delle tolleranze di costruzione dei pezzi ed agli errori di misura. N.B. un nuovo e diverso valore per la quota B è possibile ed accettabile solo nel caso che il progetto del

particolare 10, (tubo disegno **SRT-DWG-G1-01-10**), ne richieda una modifica ma deve essere opportunamente giustificato ed adeguato.

Attuatore

L'intervento di manutenzione sull'attuatore può essere eseguito in quota o a terra in funzione di considerazioni progettuali su quali particolari devono essere sostituiti o su quale procedura è considerata più idonea.

L'attuatore è fissato tramite 4 viti a una piastra allineata e bloccata rigidamente alla struttura reticolare dell'antenna. Su tale piastra vi è anche un sistema di centraggio che permette la rimozione e il successivo riposizionamento dell'attuatore.

Indipendentemente da quale sia la posizione dell'intervento ed ipotizzando la sola sostituzione di alcuni particolari attualmente costruiti in lega di alluminio Ergal 55 T6, la procedura che si può adottare è la seguente.

Sostituzione parti meccaniche

Intervenire sugli attuatori per la sostituzione dei particolari 10 e 17, comporta il dovere procedere anche con la sostituzione di alcuni componenti commerciali e con una serie di verifiche dimensionali atte a garantire che la specifica taratura del gioco assiale che è stata effettuata in fase di montaggio su ciascun attuatore sia mantenuta tale.

Particolari commerciali e Lubrificanti

Durante la fase di progettazione dell'attuatore, sono stati definiti componenti commerciali e lubrificanti di una precisa ditta o fornitore. Componenti commerciali di altre ditte o fornitori, dovranno avere le stesse caratteristiche dimensionali e di installazione e le stesse proprietà tecniche e funzionali di quelli riportati a disegno o in questa specifica tecnica. Le schede tecniche dei prodotti dovranno essere trasmesse con congruo anticipo alla Direzione lavori per valutazione.

Materiali lubrificanti e cuscinetti radenti alternativi a quelli riportati a disegno o in questa specifica tecnica, dovranno avere le stesse caratteristiche dimensionali e di installazione e le stesse proprietà tecniche e funzionali ed è in carico all'Affidatario dimostrarne la totale compatibilità.

Un elenco dettagliato di questi particolari commerciali, è di seguito riportato.

- Guarnizioni a labbro. (part. 12 e 16); guarnizioni a labbro identificate secondo la normativa inglese " DI – DIM " costruite in materiale NBR 85 Shore A.
- Cuscinetti radenti. (part. 13); Cuscinetti radenti autolubrificanti in plastica a tolleranza stretta serie IGLIDUR L1. Codice articolo WLM-4044-40. IGUS S.r.l.
- Anelli in Mylar. (part. 33); anelli di vari spessori costruiti a disegno ed utilizzati per eliminare il gioco assiale dei cuscinetti radiali **SRT-DWG-G1-01-33**.

La coppia vite senza fine, ruota elicoidale (part. 32 e 42) e i cuscinetti radiali a sfere montati sulla vite e sulla corona (part. 20, 41 e 23) del disegno **SRT-DWG-G1-01-00_D** sono stati ricoperti al montaggio da un'adeguata quantità di grasso a base sintetica ARIEL AB/1 grado di consistenza NLGI 1, a conoscenza della stazione appaltante prodotto, a titolo esemplificativo e non esaustivo, dalla SOPRAC Italiana S.r.l., tel. 02-9086658.

In caso si debba integrare il grasso lubrificante presente entro gli attuatori deve essere utilizzato il medesimo prodotto sopra riportato.

Premontaggio delle parti meccaniche (Riferimento disegno **SRT-DWG-G1-01-00_D.**)

Per una esecuzione a regola d'arte delle operazioni di premontaggio, si ritiene indispensabile la realizzazione di una apposita attrezzatura per il montaggio di cuscinetti radenti ed anelli di tenuta, e la disponibilità di una piccola pressa pneumatica che possa lavorare in trazione e compressione con una forza regolabile in un campo di massimo $\pm 3500\text{N}$.

Tutte le fasi di premontaggio della componentistica degli attuatori si devono svolgere in un ambiente opportunamente preparato e sufficientemente pulito così da evitare che i componenti possano venire a contatto con sporco, truciolo, polveri abrasive ecc. ecc.

- **Flangia-coperchio. Dis. SRT-DWG-G1-01-17**
Spalmare un velo di grasso nella sede e sul labbro dell'anello di tenuta (part. 26). Montare l'anello di tenuta nella propria sede.
Spalmare un velo di grasso sulla guarnizione OR (part. 19) e inserirlo nella relativa sede.
Montare rispettando il verso indicato a disegno la guarnizione a labbro (part. 12).
Montare la spina $\varnothing 4$ (part. 18).
- **Tubo. Dis. SRT-DWG-G1-01-10**
Inserire i due cuscinetti radenti (part. 13) nell'apposita sede, facendo attenzione alla posizione dei punti di colata che devono essere vicini e dalla stessa parte. Utilizzare la pressa tarata adeguatamente.
Montare rispettando il verso indicato a disegno la guarnizione a labbro (part. 16).
Montare la spina $\varnothing 4$ (part. 35).

Montaggio Attuatore (Riferimento disegno **SRT-DWG-G1-01-00_D.**)

Per le operazioni di sostituzione dei pezzi e l'esecuzione della procedura di verifica del precarico assiale dei cuscinetti radiali a sfere determinato in fase di montaggio per ciascun attuatore, occorre prestare attenzione a quanto segue.

Come si può vedere nel disegno della flangia coperchio **SRT-DWG-G1-01-17** il dislivello fra il piano della flangia in battuta sul corpo (part. 27) ed il piano in battuta sull'anello del cuscinetto (part. 20) è quotato in stretta tolleranza centesimale ($3 \pm 0,01\text{mm}$). Anche nella costruzione dei nuovi pezzi questa quota in tolleranza deve essere mantenuta, verificata e certificata in fase di controllo.

A seguito dello smontaggio dagli attuatori delle vecchie flange coperchio da sostituire, bisogna rilevare la quota attuale e stabilire se si può installare la nuova flangia coperchio senza modificare il pacco di spessori in mylar (part. 33) oppure aggiornare il pacco degli spessori ed adeguarli di conseguenza.

NOTA. Per ciascun attuatore il valore della suddetta quota, misurato sia sul pezzo attuale che sul nuovo, così come l'eventuale modifica apportata alla dimensione del pacco spessori, deve essere indicato in un apposito data sheet da fornire al committente.

In riferimento al disegno **SRT-DWG-G1-01-00_D**.

- Dopo avere lavato accuratamente, tramite l'utilizzo di idropulitrice, l'attuatore e quanto altro potrebbe contaminare le parti interne dell'attuatore, rimuovere l'interfaccia attuatore – pannelli rispettando le prescrizioni sopra riportate.
- Svitare dall'estremità della vite a ricircolo di sfere la ghiera di serraggio (part. 01 – filettatura sinistrorsa).
- Smontare il tubo (part. 10) la flangia coperchio (part. 17).
- Valutare se si deve intervenire sul pacco spessori in mylar come da procedura sopra descritta.
- Ingrassare il profilo scanalato sulla vite a ricircolo di sfere.
- Verificare che il "pacco" degli spessori in mylar (part. 33) sia ben posizionato nella zona indicata a disegno; montare la nuova flangia coperchio (part. 17) e fissarla.

NOTA: Durante le fasi di sostituzione della flangia coperchio non modificare la posizione in rotazione della vite a ricircolo di sfere, mantenendo le 4 facce dell'innesto quadro all'estremità superiore parallele ai lati del corpo dell'attuatore. In questa fase la rotazione della vite a ricircolo di sfere comporta una variazione della corsa lineare che modifica la quota "B" disegno **SRT-DWG-G1-11-01_B** (vedi paragrafo precedente "Sistema Interfaccia Attuatori Pannelli").

- Inserire sulla flangia coperchio la guarnizione OR (part. 34) e montare il nuovo tubo (part. 10). Spalmare un velo di grasso sulle guarnizioni OR (part. 08 e 09) e inserirle nelle relative sedi. Avvitare la nuova ghiera di serraggio (part. 01 – filettatura sinistrorsa - coppia di serraggio 90Nm).
- avvitare all'estremità della vite a ricircolo di sfere il dado a calotta M8 (part.03 – coppia di serraggio 16Nm).

Sostituzione cavi

Il sistema di superficie attiva nella sua rete complessiva di collegamento ricopia la geometria della struttura reticolare di supporto dello specchio primario, dove i 1116 attuatori sono organizzati in una stella di 96 catene radiali, ciascuna delle quali è formata da un minimo di 9 ad un massimo di 16 attuatori in cascata.

Lo schema generale di collegamento della rete complessiva è mostrato nel disegno **SRT-DWG-G1-11-05**.

I cavi utilizzati per la connessione degli attuatori nella rete sono stati ancorati direttamente ai profili della struttura reticolare tramite delle fascette plastiche in poliammide nera.

I cavi di connessione degli attuatori del sistema di superficie sono provvisti di connettori da entrambi i lati e quindi la procedura di scollegamento e successivo collegamento dalla rete degli attuatori è semplice e veloce.

NOTA: Se si decide di rimuovere gli attuatori dalle piastre di interfaccia con la struttura, o più in generale si dovesse procedere alla sostituzione dei cavi, si richiede che nessuna tipologia di connettore sia lasciato aperto ed esposto agli agenti atmosferici oltre il tempo strettamente necessario per l'intervento. Ne consegue che i connettori presenti sugli attuatori devono essere chiusi con gli appositi tappi tipo COMMITAL ITB 02T-14 N448: questa sigla dovrebbe identificare una

versione speciale economica in quanto senza catenella di ancoraggio in acciaio Inox, verificarne la rispondenza con il costruttore. Tutti i connettori e i tappi sopra richiamati come costruiti da COMMITAL potrebbero essere reperibili oggi come GLENAIR che ha acquisito il marchio COMMITAL.

Specifiche metrologiche

In fase di installazione del SSA, per l'allineamento dei pannelli dello specchio primario rispetto al profilo definito in sede di progettazione, furono fatte due prescrizioni in merito all'allineamento di campo (*field alignment*) con l'antenna posizionata a elevazione di 45°:

1. accuratezza dell'intera superficie dello specchio primario entro un valore RMS $\leq 500\mu\text{m}$; con l'obiettivo di cercare di raggiungere un valore RMS $\leq 300\mu\text{m}$
2. con riferimento ai 2/4 spigoli dei pannelli collegati a un medesimo attuatore, la procedura richiede che questi siano allineati entro $\pm 100\mu\text{m}$ rispetto al loro valore medio.

Come evidenziato nel documento "SRT_REP_55000_5_10_04_M1_Alignment_20120720" questa richiesta-obiettivo è stata quasi completamente raggiunta.

Come evidenziato nel capitolo 6.3 del documento "SRT_REP_55000_5_10_04_M1_Alignment_20120720" non è stato possibile raggiungere completamente la richiesta relativa al punto 2. Alcune considerazioni fatte in fase di progetto avevano sottostimato l'entità dei possibili contributi di errore che influivano sul raggiungimento dell'obiettivo. In fase di esecuzione ci si è resi conto che, specialmente per quello che è il contributo dovuto al dispositivo di allineamento (boccola filettata o supporto a disegno SRT-DWG-G1-01-06), l'entità del contributo di errore era molto superiore a quello stimato.

Ne deriva che nel presente caso a seguito dell'intervento di manutenzione straordinaria sono fatte due precise richieste relativamente al *field alignment* con l'antenna posizionata a elevazione di 45°:

- a) *l'accuratezza dell'intera superficie dello specchio primario debba essere entro il valore RMS $\leq 500\mu\text{m}$ rispetto al profilo ideale dell'antenna, con un goal di 300 μm . Nel caso di mancato conseguimento di tale accuratezza in sede di collaudo si valuteranno le motivazioni tecniche fornite a giustificazione del mancato raggiungimento dell'obiettivo,*
- b) *Per quanto riguarda l'allineamento dei 2/4 spigoli dei pannelli adiacenti collegati allo stesso attuatore, si ritiene che, per la somma RMS dei contributi delle varie fonti di errore si debba considerare un valore realistico pari a 85 μm (1sigma). In base a questo dato e assumendo una distribuzione normale dell'errore sono stati valutati i seguenti parametri che definiscono la richiesta:*
 - o Il 76% del totale dei punti deve risultare allineato entro $\pm 100\mu\text{m}$ rispetto al valore medio;
 - o Il 98% del totale dei punti deve risultare allineato entro $\pm 200\mu\text{m}$ rispetto al valore medio;
 - o Il 100% del totale dei punti deve risultare allineato entro $\pm 300\mu\text{m}$ rispetto al valore medio;

- Solo alcuni punti potranno essere trattati come anomalie.

L'esatto profilo della superficie dello specchio primario è descritta nel file **"Primary-Reflector-Profile-Data.txt"** e nel documento **"TM-1385-RF-001"**. In questi documenti è contenuta la lista dell'altezza (Z-axis) della superficie in funzione del raggio ad incrementi di ¼ inch per l'intera superficie. Questi dati devono essere utilizzati per definire il modello matematico della superficie teorica dell'intero specchio primario.

NOTA. Sarà fornito un elenco con gli attuatori che per motivi tecnici non dovranno essere necessariamente inclusi nell'analisi statistica finalizzata alla valutazione dell'allineamento.

La superficie reale dello specchio primario deve essere definita da un totale di 4032 punti. Questi punti si devono trovare in corrispondenza degli spigoli dei pannelli che formano lo specchio primario e/o coincidono con quelli che vengono chiamati "punti zero" o si trovano in prossimità di questi.

Per la definizione di quanto attiene alla richiesta riportata al punto a) si chiarisce che:

- Per il calcolo dell'accuratezza dell'allineamento dell'intera superficie, devono essere prese in considerazione le differenze, riferite alla direzione normale alla superficie, fra i 4032 punti misurati in corrispondenza degli spigoli dei pannelli e la superficie riflettente teorica.

I dati devono essere ridotti calcolandone la media e il valore RMS:

$$\mu = \frac{\sum \delta}{N} \quad RMS = \sqrt{\frac{(\sum \delta^2 - N\mu^2)}{(N)}} \leq 500 \mu m$$

dove:

δ = è la differenza, normale alla superficie, fra i 4032 punti misurati la superficie riflettente teorica;

N = è l'intero numero dei punti misurati.

Per la definizione di quanto attiene alla richiesta riportata al punto b) si chiarisce che:

- In questo caso si devono prendere in considerazione solo le differenze, riferite alla direzione normale alla superficie, fra la superficie teorica e i 2 o 4 punti misurati sugli spigoli dei pannelli adiacenti e collegati allo stesso attuatore. Questo significa che le differenze, riferite alla direzione normale alla superficie, dei 4032 punti misurati devono essere raggruppate in 1116 parti ciascuna delle quali sarà collegata al proprio attuatore. Esistono 900 attuatori per i quali sono da prendersi in considerazione 4 spigoli di pannelli e 216 attuatori per i quali sono da considerarsi solo 2 spigoli.

Per ciascun attuatore sarà calcolato il valore medio μ e il delta Δ (accuratezza tra i pannelli):

$$\mu = \frac{\sum \delta}{N} \quad \Delta \equiv |\delta - \mu| \leq * \mu m$$

dove:

δ = è la differenza, normale alla superficie, fra i 2/4 punti misurati sugli spigoli dei pannelli collegati allo stesso attuatore e la superficie riflettente teorica.

N= è il numero dei punti misurati sugli spigoli dei pannelli collegati allo stesso attuatore.

*= come da elenco a punto b).

Si sottolinea che, per quanto riguarda la misura della superficie dello specchio primario, il sistema di riferimento da utilizzare è quello definito al paragrafo 5.3.3 del documento “SRT_REP_55000_5_10_04_M1_Alignment_20120720”.

Analogamente per quanto attiene alla analisi e riduzione dei dati, i gradi di libertà da considerarsi per l'esecuzione del Best Fit sono quelli riportati al paragrafo 5.3.4. nel documento “SRT_REP_55000_5_10_04_M1_Alignment_20120720”.

Verniciatura specchi

Si richiede che a seguito della installazione dei pannelli dello specchio primario si proceda con un intervento per la ***verniciatura della superficie riflettente dei pannelli dello specchio primario.***

Sui pannelli è attualmente presente il ciclo di verniciatura applicato in fabbrica e cioè una mano di primer “283PAJ60 aquapoxy aluminum primer” e una mano a finire di “GOLDSTONE 500FHR6 TRITHANE FORMULA” per uno spessore complessivo a film secco di $70 \div 100 \mu\text{m}$. Questi prodotti sono di fornitura della TRIANGLE COATINGS, INC. di San Leandro (USA).

Eventuali prodotti alternativi possono essere scelti solamente tra quelli presenti nella categoria “vernici per antenne” della ditta TRIANGLE COATING, INC.

Nel caso si scegliesse un prodotto diverso da quello attualmente presente sui pannelli, la ditta dovrà presentare documentazione fornita della ditta produttrice della vernice, che certifichi la compatibilità tra i prodotti.

Di seguito vengono riportate alcune note non vincolanti, ma puramente indicative e dettate da esperienze precedenti di una sequenza logica di operazioni per eseguire la preparazione della superficie e la verniciatura della superficie riflettente dei pannelli:

1. Accurata pulizia dello strato di vernice esistente tramite una leggera carteggiatura con spugne moderatamente abrasive al fine di eliminare eventuali scaglie di vecchia vernice non più aderente e le colonie di licheni venutesi a formare negli anni.
2. Accurato lavaggio tramite idropulitrice di tutta la superficie riflettente.
3. Preparazione della superficie alla applicazione del nuovo strato di vernice tramite asportazione con stracci in cotone bianco ed adeguato solvente volatile di ogni traccia di polveri o residuo secco presente.
4. Ripristino dello strato di primer esclusivamente in quelle zone ove, a seguito della pulizia, dovesse risultare completamente mancante e si evidenziasse l'alluminio allo stato anodizzato. Utilizzare il prodotto “283PAJ60 aquapoxy aluminum primer” secondo le indicazioni riportate nelle schede tecniche; lo spessore a film secco applicato deve risultare compreso entro i $25 \div 35 \mu\text{m}$.
5. Applicazione di una mano a finire di “GOLDSTONE 500FHR6 TRITHANE FORMULA”

secondo le indicazioni riportate nelle schede tecniche; lo spessore a film secco applicato deve risultare compreso entro i: $35 \div 50 \mu\text{m}$.

NOTA PRESCRITTIVA. Per l'applicazione della vernice fare riferimento alle indicazioni riportate nella scheda tecnica.

Per quanto concerne le modalità di conservazione dei prodotti vernicianti ci si deve attenere a quanto previsto nelle schede tecniche dei produttori; lo stoccaggio deve essere fatto in modo da evitare che elevate escursioni della temperatura ne compromettano la conservazione. Ci si deve attenere inoltre alle seguenti indicazioni:

- i. I supporti da verniciare devono essere perfettamente puliti ed asciutti;
- ii. Non si deve procedere ad applicazione di vernice in presenza di pioggia, nebbia e rugiada;
- iii. La verniciatura deve essere sospesa nel caso in cui la temperatura ambiente sia inferiore o superiore a quanto riportato nelle schede tecniche del fabbricante;
- iv. La verniciatura deve essere inoltre sospesa nel caso in cui la superficie da verniciare si trovi a una temperatura troppo vicina al punto di rugiada (circa $+3^{\circ}\text{C}$) e si possa presentare il pericolo di condensazione;
- v. La vernice deve essere diluita nei limiti consentiti dalle schede tecniche e ben mescolata in base alle istruzioni dei produttori immediatamente prima della applicazione;
- vi. I diluenti utilizzati devono essere quelli raccomandati e indicati dal fabbricante delle vernici;
- vii. In caso di vernici bicomponente, queste devono essere miscelate esclusivamente al momento dell'uso nelle esatte proporzioni indicate dal fabbricante nelle schede tecniche. In caso di sospensione dei lavori, le vernici bicomponente eventualmente preparate saranno scartate in accordo con i tempi di "pot life" specificati dal fabbricante nelle schede tecniche;
- viii. Gli spessori si misurano a film secco; il numero di misurazioni e la metodologia di misura è quello prescritto dalla norma SSPC-PA 2 "Procedure for Determining Conformance to Dry Coating Thickness Requirements";
- ix. Sullo spessore per ogni singola mano è ammessa una tolleranza massima del 10% in meno dello spessore minimo richiesto;
- x. Il controllo degli spessori deve essere effettuato con strumenti di tipo elettromagnetico tarati direttamente sulla superficie metallica preparata per l'applicazione del ciclo di verniciatura.

Si evidenzia inoltre che le vernici e i diluenti devono essere conservati nei contenitori originali sigillati fino al momento dell'impiego. Tutti i contenitori devono riportare in modo leggibile l'indicazione del produttore, il tipo e la codifica del prodotto in esso contenuto.

Al momento dell'apertura del contenitore, per potere essere utilizzato, il prodotto non deve presentare nessun indicatore di degrado quali ad esempio la sedimentazione irreversibile del pigmento, la formazione di pelli, l'impolmonimento, la gelatinizzazione, la presenza di mucillagini, ecc.