

## Design Brief

per il concorso internazionale di idee per  
“**NexTower – the future ENAV Control Tower  
Program**”

STATO	DISTRIBUZIONE	
<input type="checkbox"/> Bozza <input checked="" type="checkbox"/> in Verifica <input type="checkbox"/> Approvato	<input checked="" type="checkbox"/> Pubblico <input type="checkbox"/> Interno ENAV <input type="checkbox"/> Riservato	Versione 2.1

	NOME E COGNOME	RUOLO/ STRUTTURA DI APPARTENENZA	DATA	FIRMA
Redazione	Flaviano Parise	Responsabile Infrastrutture Civili		
	Maria Grazia Bechere	Responsabile Gestione Operativa		
Verifica	Amici Stefano	Responsabile Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici		
Approvazione	Vincenzo Smorto	Responsabile Area Tecnica		
	Maurizio Paggetti	Responsabile Direzione Servizi Navigazione Aerea		

## GESTIONE DELLE MODIFICHE

Versione	Data emissione	Descrizione delle modifiche
1.0	15/07/2013	Nascita del documento
1.1	28/07/2013	Correzioni a seguito revisione AO
2.0	04/04/2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eliminato il paragrafo ex 1.3. “Introduzione al Servizio di controllo del traffico aereo”;</li> <li>• eliminato il paragrafo ex 1.4. “Tipologie architettoniche di progetto”, il nuovo paragrafo 2.1. descrive la “soluzione architettonica prescelta”;</li> <li>• eliminato il capitolo ex 2, “Classificazione delle torri di controllo” (ex paragrafi 2.1. “Postazioni operative”, ex 2.2. “Tipologia di servizio erogato”, ex 2.3. “Tipologie architettoniche di Torre”; ex 2.4., “Tipologie relative al posizionamento della Torre”).</li> <li>• eliminato il paragrafo ex 3.2. “Disegno Architettonico”;</li> <li>• riformulato il paragrafo ex 3.1., ora 2.2., “Altezza e posizionamento della TWR”;</li> <li>• inserito nuovo paragrafo 2.3. “Forma e dimensione della TWR”;</li> <li>• eliminato il paragrafo ex 5.5. “Integrated Controller Working Position”.</li> <li>• riformulato un nuovo paragrafo, 3.5. “Piano sotto la VCR”.</li> </ul>
2.1	19.05.2014	Modificato paragrafo 2.3; aggiunta Appendice B; aggiunti richiami alle appendici.

## Indice dei contenuti

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>6</b>
1.1	OBIETTIVI GENERALI DEL CONCORSO.....	6
1.2	SCOPO DEL PRESENTE DOCUMENTO .....	6
1.3	DEFINIZIONI E ACRONIMI UTILIZZATI.....	8
1.4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	8
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE GENERALI.....</b>	<b>10</b>
2.1	TIPOLOGIA ARCHITETTONICA.....	10
2.2	ALTEZZA E POSIZIONAMENTO DELLA TORRE .....	11
2.3	FORMA E DIMENSIONI DELLA TORRE.....	11
2.4	CRITERI ERGONOMICI .....	11
2.5	COSTI, MODALITÀ E TEMPI DI REALIZZAZIONE .....	12
2.6	COSTI DI ESERCIZIO E MANUTENZIONE .....	13
<b>3</b>	<b>TORRE DI CONTROLLO: DESCRIZIONE AMBIENTI E REQUISITI FUNZIONALI .....</b>	<b>15</b>
3.1	VISUAL CONTROL ROOM (VCR) .....	15
3.1.1	<i>Visibilità.....</i>	16
3.1.2	<i>Consolle operative .....</i>	17
3.1.3	<i> Illuminazione.....</i>	17
3.1.4	<i>Impatto acustico .....</i>	19
3.1.5	<i>Microclima.....</i>	20
3.1.6	<i>Condizionamento.....</i>	21
3.2	ANTINCENDIO.....	21
3.3	SOLUZIONI ARCHITTONICHE INTERNE .....	22
3.3.1	<i>Controsoffitti .....</i>	22
3.3.2	<i>Insonorizzazione .....</i>	22
3.3.3	<i>Pavimenti .....</i>	22
3.4	PARETIVETRATE .....	23
3.4.1	<i>Isolamento termico ed irraggiamento solare .....</i>	24
3.5	PIANO SOTTO LA VCR .....	24
3.6	REMOTIZZAZIONE DEGLI APPARATI DELLA SALA OPERATIVA.....	25
3.7	COPERTURA DELLATORRE .....	25
3.8	MANUTENZIONE .....	25
<b>4</b>	<b>BLOCCO TECNICO .....</b>	<b>26</b>
4.1	SALE APPARATI .....	27
4.1.1	<i>Sala Apparati Principale.....</i>	27
4.1.2	<i>Sala Apparati Secondaria .....</i>	27

---

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

4.1.3	<i>Sala Apparati Sottotorre</i> .....	27
4.2	REQUISITI GENERALI DELLE SALE APPARATI .....	27
4.2.1	<i>Misure e Forme</i> .....	28
4.2.2	<i>Illuminazione</i> .....	29
4.2.3	<i>Alimentazione Elettrica</i> .....	29
4.2.4	<i>Condizionamento</i> .....	29
4.2.5	<i>Antincendio</i> .....	30
4.2.6	<i>Cavedi</i> .....	30
4.3	ALTRI LOCALI DEL BLOCCO TECNICO .....	31
4.3.1	<i>Sala REGIA e SISTEMA TELEGESTIONE APPARATI</i> .....	31
4.3.2	<i>Laboratorio di Manutenzione</i> .....	32
4.3.3	<i>Requisiti generali degli impianti</i> .....	32
4.4	BLOCCO UFFICI E SERVIZI ACCESSORI .....	33
4.5	SUPERFICI ESTERNE .....	33
<b>5</b>	<b>CENTRALI</b> .....	<b>34</b>
5.1	CENTRALE ELETTRICA .....	34
5.1.1	<i>Misura e forma</i> .....	34
5.1.2	<i>Illuminazione</i> .....	35
5.1.3	<i>Soffitti</i> .....	35
5.1.4	<i>Pavimenti</i> .....	35
5.1.5	<i>Condizionamento</i> .....	35
5.1.6	<i>Antincendio</i> .....	36
5.2	CENTRALE TERMICA .....	36
5.2.1	<i>Misura e Forma</i> .....	37
5.2.2	<i>Apparati</i> .....	37
5.2.3	<i>Illuminazione</i> .....	37
5.2.4	<i>Soffitti</i> .....	38
5.2.5	<i>Pavimenti</i> .....	38
5.2.6	<i>Condizionamento</i> .....	38
5.2.7	<i>Antincendio</i> .....	38
5.3	CENTRALE IDRICA .....	39
5.3.1	<i>Misura e Forma</i> .....	39
5.3.2	<i>Apparati</i> .....	39
5.3.3	<i>Illuminazione</i> .....	39
5.3.4	<i>Soffitti</i> .....	40
5.3.5	<i>Pavimenti</i> .....	40
5.3.6	<i>Condizionamento</i> .....	40
5.3.7	<i>Antincendio</i> .....	40
<b>APPENDICE A:</b>	.....	<b>41</b>

---

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

<i>SCHEDA 1: Elenco unità ambientali ed elementi di dimensionamento.....</i>	<b>41</b>
<i>SCHEDA 2: Tabelle per spazi e dimensionamento degli uffici ENAV S.p.A.....</i>	<b>42</b>
<b>APPENDICE B: .....</b>	<b>43</b>
<i>Marchio/Logo ed identità visiva di ENAV SpA.....</i>	<b>43</b>
<b>APPENDICE C:.....</b>	<b>47</b>
<i>Bibliografia .....</i>	<b>47</b>

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 Obiettivi generali del Concorso

Attraverso il Concorso di idee “*NexTower the future ENAV Control Tower*”, ENAV SpA intende acquisire le migliori soluzioni progettuali di Torre di Controllo del traffico aereo, finalizzate ad un elevato livello di standardizzazione architettonica ed ingegneristica, in grado di costituire un modello replicabile, un unico prototipo tipologico e costruttivo per le torri che dovranno essere realizzate sul territorio nazionale, anche da soggetti terzi, ma a futuro utilizzo di ENAV SpA.

Per ENAV SpA si tratta di raggiungere un doppio risultato:

- unificare e standardizzare il prototipo progettuale significa ridurre risorse economiche e temporali ed ottimizzare le successive fasi di approfondimento progettuale, costruttivo, fino a quelle di esercizio e manutenzione;
- unificare sul territorio nazionale l’architettura delle torri di controllo, consente di far identificare, trasmettere e riconoscere l’immagine e l’attività principale, il lavoro di ENAV SpA: il controllo del traffico aereo nei cieli nazionali.

Il presente concorso di idee punta ad acquisire soluzioni architettoniche in grado di soddisfare specifiche esigenze operative per la “Visual Control Room” della torre di controllo (VCR) e logistiche per il “Blocco Tecnico” associato.

Saranno altresì valutate quelle soluzioni ingegneristiche finalizzate alla riduzione/ottimizzazione dei costi di manutenzione e di esercizio e atte alla massimizzazione dell’integrazione strutturale e impiantistica nonché volte alla massima flessibilità.

L’alta qualità formale, architettonica, tecnologica ed energetica dovrà essere raggiunta applicando criteri di edilizia sostenibile al fine di poter ottenere una certificazione secondo il protocollo LEED almeno a livello Gold.

### 1.2 SCOPO DEL PRESENTE DOCUMENTO

Il presente documento “*Design Brief*” costituisce il principale strumento operativo, attraverso il quale i concorrenti del Concorso di Idee dovranno sviluppare la loro proposta.

Si configura, dunque, quale “programma di progetto”, e va interpretato quale linea guida per la valutazione dei vincoli progettuali (normativi e tecnici) e l’identificazione quantitativa e qualitativa delle esigenze/bisogni e dei requisiti necessari, spaziali e tecnologici, espressi da ENAV SpA e che la proposta progettuale dovrà cercare di interpretare e soddisfare.

Oggetto del documento sarà l’analisi dei requisiti delle Sale Operative, delle Sale Apparati e dei Locali Tecnici afferenti al blocco tecnico.

---

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

Si dettaglieranno dunque i requisiti di questi ambienti di lavoro in termini di:

- ergonomia, visibilità, benessere termoigometrico e luminoso;
- armonizzazione progettuale per la dislocazione degli ambienti di lavoro;
- dimensionamento degli spazi;
- risparmi energetici nei costi di esercizio (garantendo l'applicabilità, nei successivi livelli di progettazione, dei criteri protocollo LEED 2009 Italia NC);
- standardizzazione delle soluzioni tecniche per impianti, ad esempio climatizzazione ed illuminazione;
- accessibilità e manutenzione.

In particolare saranno approfonditi i requisiti progettuali di:

- Sala Operativa di Torre (VCR);
- Sale Apparati;
- Locali Tecnici.

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

### 1.3 DEFINIZIONI E ACRONIMI UTILIZZATI

Acronimo/Termine utilizzato	Descrizione
ATM	Air Traffic Management
IFR	Instrumental Flight Rules
VFR	Visual Flight Rules
CM CTA TWR	Controllore del Traffico Aereo in Sala Operativa
CTA APP/RDR	Controllore del Traffico Aereo di avvicinamento e uscita (approach)
Meteo	Metereologo
CSO	Capo Sala Operativa
APP	Approach: Servizio di controllo d'Avvicinamento
RDR	Radar
VCR	Visual Control Room: Sala Controllo
VCS	Voice Communication Switching System
LAN	Local Area Network
UTA	Unità Trattamento Aria
PSA	Prove, Simulazioni, Addestramento
TLC	Telecomunicazioni
TBT	Terra – Bordo– Terra
CLD	Clearance Delivery (Departure Clearance)
ANSP	Air Navigation Service Provider
Cls a.	Calcestruzzo armato

### 1.4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutti le fasi della progettazione e realizzazione delle nuove Torri di Controllo dovranno riferirsi alla Normativa elencata ed a qualsiasi altra applicabile.

Di seguito si riporta un elenco, non esaustivo, della normativa di riferimento:

- D.M. 14.01.2008 e s.m.i.: Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- D. Lgs. 81-08 e s.m.i. – Testo unico sulla sicurezza;
- Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti – ENAC Ed. 2 emendamento 6
- Decreto Legislativo 12 Aprile 2006 n. 163 e s.m.i. – Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle Direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

- DPR 5 Ottobre 2010 n. 207 – Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 Aprile 2006 n. 163 recante “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE
- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico n. 37 del 22 gennaio 2008 – Regolamento concernente l’attuazione dell’art. 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della Legge n. 248 del 02/12/2005, recante il riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all’interno degli edifici
- DPR 1 Agosto 2011, n. 151 – Nuovo Regolamento di Prevenzione Incendi
- DM 10 Marzo 1998: Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell’emergenza nei luoghi di lavoro.
- Decreto del Ministero dell’Interno 22 ottobre 2007 titolato “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o a macchina operatrice a servizio di attività civili, industriali, agricole, artigianali, commerciali e di servizi”.
- D.Lgs. 29 Dicembre 2006 n. 311: Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs. 192/05, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell’edilizia”.
- Legislazione in materia di Prevenzione Incendi applicabile.
- Norme CEI applicabili

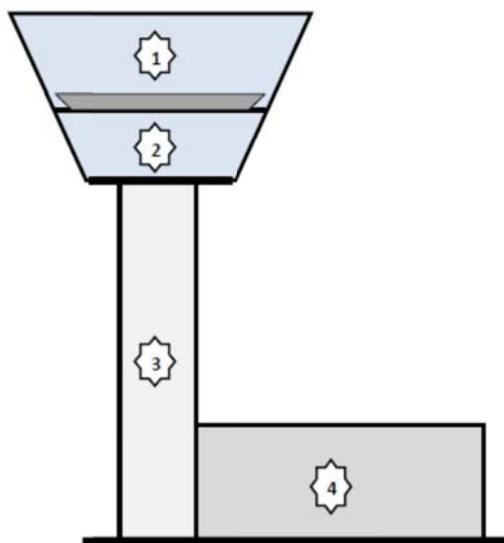
## 2 CARATTERISTICHE GENERALI

### 2.1 TIPOLOGIA ARCHITETTONICA

La Torre di Controllo costituisce, per altezza e morfologia, la costruzione più significativa di un aeroporto ed è facilmente individuabile anche quando integrata nel blocco tecnico contenente gli uffici ed i locali tecnici o nell'aerostazione.

Il blocco tecnico non dovrà risultare autonomo e “slegato” dalla regola della composizione generale, ma dovrà essere interpretato come partenza da terra di una geometria necessariamente ascendente.

La scelta architettonica della Società punta alla realizzazione di una torre di controllo avente un fusto non funzionale che reca alla sommità la Visual Control Room (VCR) ed il blocco tecnico alla base come schematicamente illustrato nella figura sotto riportata.



**Schema di distribuzione macrofunzionale**

<b>1 – VCR</b>	<i>Consolle sala operativa (CWP)</i>
<b>2 – Piano sotto torre</b>	<i>Sala relief, piccola sala apparati, servizi</i>
<b>3 – Fusto non funzionale</b>	<i>Ascensore, cavedii, scale di emergenza</i>
<b>4 – Blocco tecnico</b>	<i>Uffici, sala apparati primaria, locali tecnici, magazzini, servizi.</i>

---

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

## 2.2 ALTEZZA E POSIZIONAMENTO DELLA TORRE

Per le finalità concorsuali i concorrenti dovranno sviluppare le loro proposte per una torre che presenta un'altezza alla copertura di 40 metri, dimostrando comunque la validità della soluzione progettuale anche per altezze variabili da un range minimo di 25 metri a uno massimo di 60metri. Dimensioni e pesi della struttura dovranno tener conto di questo input progettuale.

Nelle analisi per la valutazione dell'altezza della Torre, si dovrà considerare l'ulteriore altezza di circa 8 metri delle antenne sul tetto della struttura e dell'eventuale presenza di parafulmini.

E' utile considerare che la struttura dovrà essere collegata a differenti sistemi e reti di distribuzione necessari per garantirne l'operatività e l'efficienza:

- rete di distribuzione elettrica - media o bassa tensione;
- rete telefonica;
- rete idrica;
- rete di evacuazione delle acque nere e pluviali;
- rete stradale.

## 2.3 FORMA E DIMENSIONI DELLA TORRE

La forma preferibile della VCR è quella circolare anche se, in casi particolari, e con le dovute evidenze potranno essere adottate soluzioni differenti.

Le dimensioni della VCR dipendono dal numero di posizioni operative presenti su un determinato aeroporto in un rangeindicativo compreso tra circa i trenta e gli ottanta metri quadrati mantenendo un'ottica di massima ottimizzazione degli spazi.

Si veda comunque quanto riportato in Appendice A, Scheda 1, “Elenco unità ambientali ed elementi di dimensionamento”.

Per le finalità concorsuali i concorrenti dovranno sviluppare le loro proposte per una VCR atta ad ospitare:

- tre posizioni operative per il controllo del traffico aereo
- una posizione operativa di riserva
- una posizione per l'osservatore meteorologico.

I concorrenti, negli elaborati grafici relativi, dovranno inserire, coerentemente alla soluzione architettonica, il marchio/logo della Società, secondo le indicazioni contenute in Appendice B, “Marchio/Logo ed identità visiva di ENAV SpA”.

## 2.4 CRITERI ERGONOMICI

In tutte le fasi della progettazione sarà necessario considerare gli impatti operativi che una particolare scelta progettuale/tecnologica comporta servendosi di appropriati strumenti di simulazione.

### Infrastru<sup>r</sup>ture Civili e Impianti Tecnologici

Si dovranno preventivamente valutare tutti gli aspetti che impattano sul Fattore Umano, gli aspetti ergonomici dovranno essere considerati fin dalle prime fasi.

Il progetto dovrà essere seguito da un gruppo interdisciplinare costituito, oltre che da figure professionali tecniche ed operative, anche da esperti di Fattore Umano.

In tutte le condizioni operative, climatiche e microclimatiche un “progetto ergonomico” sarà fondamentale per ottenere:

- il conseguimento di situazioni di lavoro confortevoli;
- la salvaguardia del benessere degli utenti nelle varie condizioni operative e climatiche;
- il corretto utilizzo degli impianti e delle attrezzature da parte degli utenti;
- il risparmio energetico ed il rispetto per l’ambiente;
- il mantenimento delle condizioni ambientali progettate, anche quando venissero apportate modifiche strutturali e/o organizzative all’assetto iniziale;
- la realizzazione di condizioni complessive che impediscano il verificarsi di situazioni di pericolosità e di disagio, dirette o indirette, in occasione di eventi anomali.

Dovranno essere considerate tutte le soluzioni tecniche al fine di rendere l’ambiente operativo della VCR il più possibile confortevole sia in termini di illuminazione che di riscaldamento. Si dovrà optare per soluzioni che minimizzino gli interventi tecnici in sala operativa.

Nella progettazione delle sale apparati si dovranno tenere in dovuta considerazione tutti gli aspetti legati alla facilità di accesso e dovranno essere adottate soluzioni tecnologiche, sia per gli impianti che per la dislocazione degli apparati nei diversi ambienti, atte a minimizzare i tempi di intervento.

## 2.5 COSTI, MODALITÀ E TEMPI DI REALIZZAZIONE

La proposta ideativa dovrà essere governata dal principio di modularità, serialità, ripetibilità, con un approccio integrale alla produzione industriale.

La proposta ideativa, dunque, non essendo collocata geograficamente e topograficamente, riguarderà la progettazione di un oggetto di design industriale a grande scala.

I costi ed i tempi di costruzione dovranno essere descritti in relazione alla organizzazione della produzione, secondo i seguenti argomenti, contenuti minimi e modalità:

- FUSTO: in elementi prefabbricati in cls.a. o gettati in opera. Dovranno essere descritte le modalità di eventuale sviluppo verticale della struttura. Nel caso di getti in opera: si dovrà considerare l’esecuzione solo tramite ponteggi auto sollevanti, escludendo la presenza continuativa di gru; dovrà altresì essere descritta la tipologia di cls che si intende utilizzare;
- VCRE SOTTOTORRE: cls.a. e/o acciaio; chiusure.
- BLOCCO TECNICO: telaio in acciaio o in cls.a; chiusure.

I costi di costruzione, dovranno essere stimati per mq, ripartiti secondo le seguenti zone funzionali e classi di elementi tecnici:

**EDIFICIO TWR (€/mq):**

- Sala operativa (€/mq): elementi di vetraggio ed infissi, pavimenti, controsoffitti; impianto di condizionamento, riscaldamento;
- Sale sottotorre (€/mq): strutture verticali, solai, partizioni interne, elementi di vetraggio ed infissi, chiusure verticali, pavimenti, controsoffitti;
- Fusto: strutture di elevazione verticale in cls.a. e/o acciaio relative al fusto ed alle scale di emergenza (€/ml di altezza);
- Impianti (€/mq): condizionamento, termico, elettrico, meccanici, rilevazione fumi, antincendio, fonia/dati

**BLOCCO TECNICO (€/mq):**

- strutture di elevazione verticale, solai, partizioni interne (€/mq)
- chiusure verticali ed orizzontali (€/mq);
- impianti: meccanici, idrico, elettrico, condizionamento, termico, rilevazione fumi, antincendio, fonia/dati (€/mq).

**CENTRALI (€/mq):**

- strutture di elevazione verticale, solai, partizioni interne (€/mq)
- chiusure verticali ed orizzontali (€/mq);
- impianti: idrico, elettrico MT/BT, condizionamento, termico, rilevazione fumi, antincendio (€/mq)

## 2.6 COSTI DI ESERCIZIO E MANUTENZIONE

Il progetto deve essere governato dal principio di Total Life-Cycle, con particolare riguardo al contenimento della spesa energetica, anche con il ricorso a fonti di energia rinnovabili, e di manutenzione della struttura in base a tutto il ciclo di vita.

Alcune componenti sono destinate ad essere cambiate o sostituite durante il ciclo di vita del manufatto, stimabile in circa venticinque anni, dunque si dovranno prevedere scelte progettuali che consentano una agevole manutenzione, in particolare in riferimento al dimensionamento delle sale apparati e degli accessi, consentendo di predisporre facilmente ampliamenti e/o riqualificazioni.

Il progetto deve comprendere la tipologia di materiali, i dettagli, i metodi di costruzione che garantiscano anche un'agevole attività di manutenzione.

Il principio Total Life-Cycle porterà a favorire soluzioni di tecnologie passive, attive e di *building automation* per il risparmio ed il recupero energetico che prevedano l'utilizzo di energie rinnovabili. L'installazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica, il riutilizzo delle acque piovane, il trattamento ed il riuso delle acque bianche, l'installazione di elementi per il solare termico, il controllo automatizzato del microclima, costituiscono elementi progettuali economicamente vantaggiosi nell'intero ciclo di vita della struttura.

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

Occorre, nei limiti del possibile, valutare i requisiti di accessibilità e la capacità di ampliamento allo scopo di minimizzare i costi di un’eventuale espansione futura.

La progettazione ideativo/costruttiva dovrà consentire che i successivi livelli di approfondimento progettuale (progetto preliminare, definitivo, esecutivo) possano garantire ad ENAV S.p.A. una torre con certificazione energetica almeno a livello Gold, secondo il protocollo internazionale LEED (Requisiti minimi di programma - LEED 2009 Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni).

I concorrenti, nella specifica Relazione Tecnica “Relazione specialistica 4 – Esercizio e Manutenzione”, dovranno illustrare le operazioni manutentive più frequenti, le relative modalità di esecuzione previste in progetto, ed i relativi costi, ad esempio, secondo le modalità di seguito descritte:

Tipologia intervento	Modalità di accesso ed esecuzione	Frequenza	Costo presunto
manutenzione copertura TWR			€/intervento
pulizia vetri TWR			€/intervento
controllo cavedi verticali BT/TWR			€/intervento
controllo UTA, gruppi frigo, caldaie			€/intervento

Saranno premiate soluzioni che massimizzino:

- la flessibilità, la standardizzazione, la modularità delle componenti edili ed impiantistiche
- l’organizzazione progettuale dei cavedii impiantistici verticali, con rilevanza alla facilità di ispezione, manutenzione, integrazione/sostituzione;
- la manutenibilità e la durabilità dei rivestimenti esterni ed interni;
- la massimizzazione dell’efficienza degli impianti di condizionamento, estrazione/ventilazione, elettromeccanici ed idraulici;
- l’organizzazione delle centrali impiantistiche in relazione alle perdite di carico, alla resa, ed al controllo delle dispersioni.

### 3 TORRE DI CONTROLLO: DESCRIZIONE AMBIENTI E REQUISITI FUNZIONALI

#### 3.1 VISUAL CONTROL ROOM (VCR)

L'operatore di una torre di controllo di aerodromo monitora il traffico principalmente con l'osservazione visiva diretta attraverso i vetri della VCR e contemporaneamente interagisce con gli operatori delle altre posizioni e con una varietà di informazioni e sistemi: ne consegue che il sovradimensionamento delle sale operative è un elemento estremamente penalizzante dal punto di vista operativo.

La disposizione delle posizioni operative all'interno della VCR costituisce un “must” per la struttura fisica della “cabina” che le ospita (eg. Forma, dimensioni, infissi e posizione traverse), quest'ultima infatti dovrà essere concepita intorno alle posizioni operative, e non queste adattarsi alla sala o ad altre necessità a corollario (*User Centered Design Approach*).

Il mancato rispetto di questo principio ha fatto sì che molte realizzazioni, anche recenti, presentassero ostacoli strutturali all'orizzonte visivo, una disposizione delle posizioni operative non idonea/penalizzante per l'ottimale resa del servizio e/o al flusso delle informazioni, nonché una difficoltosa integrazione di sistemi primari e secondari.

I principi basilari sopra esposti dovranno essere sviluppati attraverso uno specifico studio che includa:

- Orizzonte visivo dalla VCR
- Dislocazione delle posizioni operative
- Diagramma d'interazione ai fini della comunicazione tra posizioni operative.

In una sala operativa di un aeroporto complesso la disposizione delle CWP (console+ equipment) e la loro contiguità, in relazione al numero di posizioni operative presenti ed al ruolo svolto, deve tenere conto dei seguenti fattori primari (a,b) e secondari(c,d,e,f):

- a. Visione esterna dell'operatore (*outside of the window view*)
- b. Processi d'interazione tra posizioni operative e team work
- c. Necessità di comunicazione verbale
- d. Necessità di comunione di apparati e/o sistemi
- e. Rumore prodotto
- f. Luminosità ambientale

A lato della funzione principale andrà opportunamente e preventivamente considerato l'inserimento degli altri elementi a corollario propri di un ambiente operativo H24:

- postazione PC,
- fax,
- gestione documentazione.

Ad eccezione delle sole interfacce utenti (es.: telefoni, microfoni, tastiere, video terminali, ecc.) ogni apparato e/o sistema in uso nella VCR dovrà essere collocato all'esterno della stessa sala

---

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

(remotizzazione). Ciò garantisce indubbi vantaggi dal punto di vista degli spazi disponibili, dell’ergonomicità delle nuove consolle, del condizionamento della sala, della riduzione del rumore di fondo e delle future attività di manutenzione.

Nel progetto strutturale della VCR, particolare attenzione dovrà essere posta nel posizionamento dei montanti dei vetri in modo da minimizzare la presenza di ostacoli alla visuale del controllore per quella particolare postazione operativa. Dovranno essere effettuate opportune simulazioni grafiche per una valutazione accurata di eventuali limitazioni alla visuale del Controllore (sul piano orizzontale, quello verticale, da seduto ed in piedi) che opera in quella particolare posizione.

L’ubicazione di ogni singola posizione operativa dovrà tenere conto dei task associati all’operatore, della zona dell’aeroporto che si andrà a controllare da quella posizione e delle interazioni con le altre posizioni operative.

### 3.1.1 Visibilità

Il Controllore d’Aerodromo espleta le sue funzioni utilizzando la vista quale mezzo primario di controllo di aeromobili e veicoli entro la sua area di responsabilità, ne deriva che i requisiti di visibilità sia orizzontale che verticale, sia di giorno che di notte, dovranno essere molto stringenti. L’abilità di mantenere una corretta visione esterna da parte dell’operatore costituisce un fattore primario.

Generalmente, le principali fonti che producono interferenza al campo visivo dell’operatore sono:

- Edifici e strutture esterne alla torre di controllo (non considerabili ai fini del Concorso di Idee);,
- Strutture interne alla VCR (pilastri, sporgenze strutturali);
- Telai ed infissi della VCR,
- Struttura della CWP

I necessari requisiti visivi saranno stabiliti per ogni singola posizione operativa prevista nella VCR, andranno quindi identificati quei punti dell’aeroporto e del circuito di traffico che devono essere assolutamente in vista all’operatore sia da una posizione statica (restpoint of view) che da una posizione dinamica (dynamicpoint of view) che possa tenere conto di una naturale oscillazione del capo verso destra e sinistra ( generalmente calcolata in circa 15cm).

Il punto di riferimento per lo studio dell’orizzonte visivo non sarà più il centro della TWR ,ma la singola posizione operativa (RL).

### 3.1.2 Consolle operative

La Società si pone come obiettivo la massima integrazione tra l'infrastruttura fisica della VCR e le consolle che ospitano le varie postazioni operative ed in base alle premesse fatte e a quanto verrà di seguito descritto, risulta difficile pensare che console modulari di serie siano in grado di soddisfare pienamente una varietà eterogenea di situazioni e necessità.

Da ricerche effettuate nel settore, si evince come, nelle progettazioni delle sale operative di importanti aeroporti, il concetto di “ad hoc tayloring” ha predominato e comunque le proposte delle migliori industrie del settore non prescindono da un grado più o meno elevato di personalizzazione, tale concetto risulterebbe ancor più calzante nelle VCR di piccole dimensioni dove l'ottimizzazione degli spazi riveste un ruolo primario.

Essere in grado di variare la postura, muoversi, navigare tra le varie funzionalità in maniera ottimale richiedono requisiti di grande flessibilità.

In sostanza l'operatore deve avere una console che sia pratica, riduca lo stress, la fatica e gli consenta di assolvere i suoi tasks efficientemente.

La struttura della consolle non deve costituire ostacolo alla linea visiva dell'operatore, a tal fine:

- *deve essere minimale, non essendoci più la necessità di ospitare ingombranti apparati al suo interno;*
- *di profondità limitata al minimo indispensabile, perché di ostacolo alla visibilità sotto torre*
- *deve poter essere posizionata quanto più possibile vicino alle pareti della VCR;*
- *i monitor devono essere opportunamente alloggiati al suo interno ed idoneamente protetti dalla forte luminosità tramite coperture discrete.*

Pur essendo il tema concorsuale riferito all'intero sistema TWR/Blocco Tecnico, ma alla luce di quanto esposto, i concorrenti potranno, in via opzionale, proporre soluzioni di massima della geometria delle consolle, idonee a soddisfare i necessari requisiti operativi, ergonomici e di integrazione.

### 3.1.3 Illuminazione

Le attività di controllo del traffico aereo aeroportuale sono molto esigenti in termini di visibilità e illuminazione: si passa infatti da un tipo di osservazione vicina e continua (sugli strumenti della postazione operativa) ad osservazioni verso l'esterno lontana ed improvvisa per localizzare traffici nel circuito aeroportuale.

Le problematiche visive della Sala di Controllo possono sintetizzarsi tramite i concetti di *ergoramae panorama*:

- il primo rappresenta le problematiche visive all'interno della sala operativa, in questo caso l'impegno visivo è dedicato alla identificazione delle tracce radar sulla postazione radar e, più in generale, a testi su videoterminali o lettura su carta;

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

- il secondo comprende tutta l'area di movimento ed i circuiti di traffico, distanti anche qualche chilometro.
- Data la particolarità dell'ambiente di lavoro e le frequenti transizioni da ambiente ergorama ad ambiente panorama, l'illuminazione della sala controllo deve essere oggetto di uno studio di approfondito che andrà ad analizzare sia le condizioni di visibilità diurne (con luce naturale) che notturne (con luce artificiale). Saranno identificate le soluzioni più idonee disponibili sul mercato.

Per le analisi relative all'impatto della luce diurna si dovrà considerare che quest'ultima è caratterizzata da variazioni nel tempo di quantità, composizione spettrale e direzione ed il suo ingresso negli ambienti confinati dipende certamente da fattori legati alla localizzazione geografica dell'edificio. In assenza di tali elementi, i concorrenti potranno simulare una collocazione geografica dell'edificio, e/o utilizzare dei valori medi nazionali o regionali consultando, tra l'altro, l'archivio climatico fornito dall'ENEA.

Dovranno essere massimizzati i vantaggi dati dalla luce diurna, e minimizzati gli effetti negativi che ne possono derivarne, quali un eccessivo riscaldamento estivo e una elevata dispersione termica nel periodo invernale, attraverso scelte architettoniche e di materiali compatibili con un buon comportamento termico dell'edificio.

Per rendere la progettazione dell'impianto di illuminazione coerente con le caratteristiche dell'ambiente (dimensioni, forma, proprietà fotometriche delle superfici interne, presenza di luce diurna, ecc.), dovranno essere eseguiti studi ad hoc.

I principali parametri che dovranno essere presi in considerazione per progettare le condizioni illuminotecniche delle sale sono:

1. distribuzione delle luminanze
2. illuminamento;
3. uniformità dell'illuminamento;
4. abbagliamento;
5. resa del colore;
6. colore apparente della luce.

Ciò che in questo documento si può anticipare è che, poiché la distribuzione delle luminanze all'interno del campo visivo influenza il grado di impegno della vista e conseguentemente la visibilità ed il confort, per evitare l'affaticamento visivo dovuto a ripetuti e continui processi di adattamento, dovrà essere realizzata una distribuzione equilibrata delle luminanze, evitando variazioni e discontinuità accentuate tra le diverse aree del campo visivo e tenendo conto dell'importanza che hanno le superfici riflettenti presenti nell'ambiente.

Requisito primario è la ricerca di soluzioni che limitino riflessioni delle luci sia sulle vetrate che sulle superfici delle consolle e dei sistemi delle singole posizioni operative.

La scelta di una doppia illuminazione verrà incontro alle esigenze operative e di manutenzione:

---

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

- l'illuminazione “base” potrà essere utilizzata per illuminare l'intera sala operativa in caso di lavori di manutenzione. Questo tipo di illuminazione non richiede particolari prescrizioni, potrà essere simile a quella utilizzata per gli ambienti uso ufficio;
- l'illuminazione “operativa” dovrà essere il più possibile localizzata sulle posizioni operative al fine di eliminare riflessi che potrebbero disturbare la visione del controllore. In particolare, per questo secondo tipo di illuminazione, si suggerisce di:
  - ✓ illuminare l'area di lavoro in modo uniforme per evitare contrasti eccessivi fra le superfici circostanti, mantenendo corretti rapporti di luminanza;
  - ✓ ricorrere a punti luce localizzati;
  - ✓ rimuovere dal campo visivo dell'operatore le superfici riflettenti per evitare il fastidio dei riflessi.

Nella progettazione occorre inoltre valutare quale sia il colore più adatto alle specifiche caratteristiche dell'ambiente tenendo conto della correlazione che esiste tra la temperatura di colore delle sorgenti ed i livelli di illuminamento nel determinare una condizione di benessere visivo (in generale, sorgenti luminose a bassa temperatura di colore sono preferibili per bassi livelli di illuminamento, ad alti livelli di illuminamento sono preferibili sorgenti a più elevata temperatura di colore).

### 3.1.4 Impatto acustico

Per la progettazione dei rivestimenti interni, in modo più rilevante per la Sala Operativa, la strategia progettuale dovrà essere rivolta:

- alla massimizzazione dell'assorbimento acustico, inteso come rapporto tra energia dissipata, omnidirezionale, ed energia incidente;
- alla correzione acustica, intesa come controllo delle riflessioni indesiderate e della riverberazione;
- al controllo del rumore, inteso come attenuazione del livello di pressione sonora e smorzamento (isolamento acustico).

L'assorbimento acustico potrà avvenire con l'utilizzo di:

- materiali porosi, a struttura aperta (l'energia sonora è dissipata per attrito viscoso) quali lane di roccia, fibre minerali, schiume melamminiche, poliuretani espansi a cellule aperte, fibre in poliestere, fibre vegetali, feltri, intonaci acustici);
- prodotti cavi, o risuonatori in pannelli, dotati di una massa d'aria parzialmente confinata in grado di smorzare l'oscillazione sonora;
- prodotti con membrane vibranti, in membrane su pannelli, sollecitate da onde sonore incidenti.

In relazione ai rumori dall'esterno, sia la copertura, che le vetrate che le pareti opache verticali dovranno essere caratterizzate da un elevato livello di isolamento acustico.

Per quanto riguarda le pareti vetrate, la progettazione del vetrocamera dovrà esprimere chiaramente:

- una analisi della stratigrafia dei prodotti che si intende utilizzare (tipo di lastra, relativa massa, spessori, intercedimenti e relativi riempimenti, eventuali strati PVB specifici) tale che le prestazioni di riduzione del rumore non compromettano la trasmissione luminosa, l'isolamento termico e il comportamento all'urto;
- le prestazioni dellavetratae dei singoli strati secondo l'indice di valutazione  $R_w$ ;
- i termini di adattamento dello spettro Ctr (dove per "tr" si intende traffico aereo);
- il costo per mq del vetraggio (comprensivo di infisso della soluzione proposta e di posa in opera);
- le attività ed i costi di manutenzione ordinaria del vetraggio.

I concorrenti dovranno comunque evitare l'uso di lastre triple, per le quali risulterebbe più onerosa sia la manutenzione/sostituzione, che il montaggio.

La stratificazione delle lastre non potrà comunque riportare una prestazione finale di isolamento acustico inferiore a 38 dB.

All'interno degli ambienti di lavoro, in maniera più rilevante per la VCR, il livello di pressione sonora sugli operatori, dovrà essere inferiore a 35 dB.

### 3.1.5 Microclima

Il microclima dell'ambiente di lavoro riveste una notevole importanza, la creazione di un microclima ottimale creerà condizioni di lavoro migliori con un minore affaticamento. La temperatura dell'aria, la temperatura delle superfici circostanti, l'umidità, la velocità e qualità dell'aria sono i cinque fattori che contribuiscono al comfort termico. I parametri raccomandati per un confort termico ottimale sono:

- temperatura dell'aria, in inverno tra 20 e 21°C e in estate tra 20 e 24°C;
- temperatura delle superfici e degli oggetti circostanti la stessa aria (lo scarto tollerato è di 2-3°C). Rispetto all'aria della stanza, non dovrebbe esserci una singola superficie più fredda di 4°C;
- umidità relativa dell'aria nella stanza non dovrebbe scendere sotto il 30% in inverno, per evitare problemi di secchezza a livello respiratorio. Il valore ideale è considerato fra 40 e 60%;
- velocità dell'aria (spifferi e correnti) non dovrebbe superare 0.2 m/s, nella zona di esposizione che va dalla testa alle ginocchia;

Sensibili spostamenti da questi valori di comfort microclimatico possono produrre effetti negativi.

---

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

La qualità dell'aria può essere migliorata facendo ricorso alla ventilazione naturale e/o artificiale dei locali e sottponendo a regolare manutenzione i sistemi di aspirazione installati nelle aree più critiche.

Un'indicazione di massima suggerisce una quantità d'aria rinnovata per stanza dai 30 m<sup>3</sup>/hai 50 m<sup>3</sup>/h per persona.

### **3.1.6 Condizionamento**

Il condizionamento della Sala Operativa per la natura stessa dell'ambiente, rivestito di vetri per il suo intero perimetro, risulta particolarmente complesso.

Occorre prevedere e descrivere il posizionamento delle macchine di condizionamento, la potenza necessaria, il passaggio dell'aria emessa e ripresa, le prese d'aria ed altri possibili vincoli tecnologici. Ciò dovrà essere illustrato negli elaborati grafici.

La climatizzazione deve essere concepita per rispondere alla quasi totale mancanza di inerzia termica che caratterizza la sala controllo, per cui le installazioni necessarie per il rinfrescamento o il riscaldamento devono essere indipendenti da quelle previste per il blocco tecnico.

Dovranno essere previsti sistemi di ventilazione naturale, quali valida alternativa ad una climatizzazione insufficiente o rumorosa.

Uno dei problemi connessi alla presenza di impianti di condizionamento è legato agli sbalzi termici subiti dai soggetti in entrata/uscita dall'ambiente condizionato. Sarà opportuno predisporre una zona di transizione non condizionata, anche di dimensioni limitate, nella quale mantenere condizioni termiche intermedie fra quelle esterne e quelle interne per permettere l'acclimatamento prima di entrare/uscire dalla sala. Qualora fosse oggettivamente impossibile ricavare questa zona, si consiglia di aumentare la temperatura interna nei giorni estivi più caldi, in modo da non esasperare la differenza esterno/interno. L'ambiente deve essere comunque adattato primariamente alle esigenze di chi vi lavora, non vanno superati i valori di temperatura dell'aria che definiscono il limite superiore del confort per condizioni tipiche estive (circa 26°C).

Le analisi sul condizionamento dovranno prendere in considerazione l'abbattimento del carico termico presente in prossimità del vetro, anche attraverso una diffusione lineare in prossimità degli stessi, ed una linea di mandata posta sotto il pavimento o dal soffitto.

### **3.2 ANTINCENDIO**

Sia la Sala Controllo che il blocco tecnico saranno sorvegliati mediante un sistema di rilevazione automatica di incendio.

Nella Sala Controllo un eventuale impianto di spegnimento automatico a gas dovrà essere azionabile strettamente in modalità di avvio manuale. Il progetto di una nuova torre di controllo e ogni sostanziale modifica delle attività connesse, sarà soggetto al rilascio di Certificato Prevenzione Incendi da parte dei Vigili del Fuoco.

### 3.3 SOLUZIONI ARCHITTONICHE INTERNE

#### 3.3.1 Controsoffitti

L'altezza del soffitto della Sala Operativa di Torre, per economie di scala, deve essere la minima possibile compatibilmente con le esigenze operative di visibilità, in ogni caso non dovrà essere inferiore ai 3 metri nel punto più basso.

Si dovranno considerare eventuali installazioni di schermi sospesi.

Il vano della controsoffittatura dovrà tenere conto dell'eventuale installazione di canalizzazioni aerauliche di altri eventuali impianti, e non potrà avere altezza inferiore a 60 cm..

Il controsoffitto dovrà essere costituito da pannelli acusticamente isolanti e/o assorbenti amovibili, con idonea proprietà di resistenza al fuoco, assicurati a una struttura di supporto in metallo di colore scuro e opaco.

La stessa finitura del soffitto dovrà essere di colore opaco antiriflesso, scuro.

#### 3.3.2 Insonorizzazione

Particolare attenzione dovrà essere posta all'insonorizzazione degli ambienti di lavoro rispetto ai rumori provenienti dal sedime aeroportuale.

I materiali isolanti dovranno ridurre al minimo l'impatto dei rumori provenienti dall'esterno. Specifici materiali fonoassorbenti dovranno essere utilizzati per attutire i rumori provenienti dall'interno.

Al fine di utilizzare le soluzioni tecnologiche più avanzate si consiglia di effettuare uno studio *ad hoc* per l'insonorizzazione della Sala Operativa.

Per ciò che attiene il rumore interno, la scelta di remotizzare gli apparati tecnici ridurrà notevolmente il fenomeno del rumore, limitandolo a quello delle comunicazioni operative.

Per un dettaglio delle strategie e delle specifiche di prestazione, si veda il paragrafo 3.4. “Impatto acustico”.

#### 3.3.3 Pavimenti

La Sala dovrà essere dotata di pavimento flottante con proprietà fonoassorbenti, installato ad un'altezza utile per il passaggio cavi pari ad almeno 40 cm, al netto di eventuali tubazioni per condizionamento centralizzato, antincendio ed altro.

### 3.4 PARETIVETRATE

Dalla Sala operativa i controllori dovranno vedere e gestire il traffico sull'aeroporto e nelle sue vicinanze, per sua natura la vetratura della Sala sarà necessariamente molto estesa e gli effetti dei raggi solari potranno costituire un problema per i controllori.

Gli effetti negativi sono riconducibili agli ingombri degli infissi, ad un eccessivo carico termico, alla dispersione termica, al fattore solare, ai riflessi, al passaggio di rumore dall'esterno ed alla riflessione all'interno, alle difficoltà di pulizia.

La progettazione delle pareti vetrate, dunque, risulta dover essere necessariamente multi criterio, prima strutturale, poi di esercizio e gestionale.

La vetratura della Sala Operativa sarà costituita da un numero idoneo di vetri e montanti metallici. Questi ultimi non dovranno costituire un ostacolo alla visibilità dei controllori negli *hot spot* controllati da una particolare posizione operativa.

Le vetrature dovranno essere sufficientemente estese per offrire ampi angoli di visibilità (circa 35° verso l'alto e 15° verso il basso per un controllore in posizione seduta, e 30° verso il basso in posizione eretta). Il numero e l'estensione dei montanti dovranno essere ridotti al minimo, alternativamente, potrà essere studiato un sistema con giunti strutturali discontinui.

Il materiale utilizzato per i vetri dovrà essere tale da garantire una perfetta trasparenza.

I vetri della Sala Operativa dovranno essere inclinati verso l'esterno di un angolo compreso, preferibilmente, fra i 15 e i 18 gradi. Le ragioni che portano a tale scelta sono riassunte nel seguito:

- limitare l'effetto della persistenza dell'acqua piovana;
- limitare problemi dovuti alla riflessione interna;
- evitare effetti di abbagliamento;
- limitare gli effetti del rumore che non impatterà perpendicolarmente sul vetro;
- ridurre l'impatto della radiazione termica solare, aumentando l'angolo di incidenza dei raggi solari.

Il valore di inclinazione indicato rappresenta un buon compromesso fra le varie esigenze infatti, un valore inferiore ai 10° comporterebbe problemi per il ristagno delle gocce d'acqua, un valore superiore comporrebbbe dei vantaggi dal punto di vista dell'irraggiamento solare ma andrebbe ad aumentare la superficie del vetro con il conseguente aumento delle difficoltà costruttive ed incremento dei costi.

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

### 3.4.1 Isolamento termico ed irraggiamento solare

La vetratura, a basso tenore di ossidi di ferro, a controllo solare, basso emissiva, dovrà progettata secondo i criteri di limitare:

- la dispersione termica in inverno, in grado di creare pericolosi effetti di condensazione e di “parete fredda”;
- un eccessivo carico termico estivo, per radiazione diretta;
- una trasmissione luminosa controllata per evitare abbagliamento estivo.

I vetri selettivi dovranno dunque garantire il controllo solare e l’alta trasmissione luminosa (TL), i concorrenti, quindi, dovranno esplicitare, nella descrizione del prodotto proposto, la percentuale di luce naturale (raggi “visibili”) rispetto a quella riflessa o trattenuta, relativamente ai raggi UV e infrarossi. Gli scambi per irraggiamento dovranno essere ridotti utilizzando lastre con depositi basso emissivi, e nell’intercapedine dovranno essere posti gas isolanti, e/o pellicole sulle facce interne (preferibilmente faccia 2).

Comunque: la trasmittanza termica del vetrocamera dovrà essere:  $U < 1,4 \text{ W (mqK)}$ ; il fattore solare dovrà essere:  $\gamma < 0,35$ ; la selettività del vetro (rapporto tra TL e fattore solare) dovrà essere:  $> 1,70$ .

Al fine di attenuare gli effetti di abbagliamento del sole potranno essere studiate soluzioni integrative, quali ad esempio, l’utilizzo di sistemi automatizzati di tende solari.

I concorrenti dovranno esplicitare e descrivere, infine, la soluzione adottata per i telai/giunti delle vetrature, con rilevanza agli aspetti di isolamento termico ed acustico. Ai fini della massima visibilità dei controllori, si potrà considerare la possibilità di superare la tipologia di montanti di alluminio, valutando la possibilità di giunti puntiformi o lineari non metallici.

### 3.5 PIANO SOTTO LA VCR

Immediatamente al di sotto della VCR saranno previsti i seguenti locali:

- Sala relief: destinata al personale operativo (zona relax, guardaroba, postazione internet). E’ auspicabile il mantenimento di una certa continuità tra la sala relief e la sovrastante VCR al fine di non isolare completamente i due ambienti, ma piuttosto considerarli il naturale proseguimento l’uno dell’altro;
- Sala Apparati Sottotorre: ospita gli apparati che, per motivi tecnici, non possono essere dislocati a grande distanza dalla Sala Operativa;
- Servizi.

---

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

### **3.6 REMOTIZZAZIONE DEGLI APPARATI DELLA SALA OPERATIVA**

Le future Sale Operative prevedono una dislocazione in altri ambienti di tutti gli apparati, la soluzione tecnica perseguitibile consiste nella remotizzazione, tramite opportuni dispositivi dei sistemi di presentazione (display) e di comando/controllo (tastiera, mouse, touch screen) rispetto alle unità centrali.

I limiti imposti dalla distanza massima di remotabilità dei dispositivi rimane subordinata alla disponibilità di una Sala Apparati prossima alla Sala Operativa; la lunghezza massima dei cavi di collegamento non dovrà essere superiore ai 60 metri.

### **3.7 COPERTURA DELLATORRE**

La copertura della torre dovrà consentire l'installazione di almeno 10 antenne su un'apposita struttura portante. Dovrà essere inoltre collegata al ballatoio della sala operativa, tramite una scala metallica fissa, o un “cesto” auto sollevante (in posizione di riposo sul ballatoio esterno, di cui al paragrafo successivo), protetto al vento, utile alla manutenzione, controllo, sostituzione delle antenne, ma che dovrà creare il minimo impatto alla visibilità dei controllori.

La copertura calpestabile, dovrà ospitare:

- antenne (altezza max 8 mt) dal piano di calpestio;
- luci ostacolo;
- faro di aeroporto;
- balaustra con struttura per supportare attacco antenne;
- gabbia di faraday ed eventuale parafulmini.

Dovrà essere prevista anche apposita illuminazione per eventuali interventi di manutenzione notturni.

### **3.8 MANUTENZIONE**

All'esterno della Sala Operativa dovrà essere previsto un ballatoio-terrazzo (posizionato ad una quota inferiore rispetto al pavimento della Sala stessa in modo da non ostacolare la visibilità) avente la funzione di agevolare gli interventi di manutenzione e di pulizia delle vetrate.

---

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

#### **4 BLOCCO TECNICO**

In questa sezione si descriveranno le Sale Apparati, i locali funzionali alla manutenzione tecnica dell'impianto, il blocco uffici e le aree accessorie.

Le future Torri di Controllo dovranno prevedere le tre tipologie di Sale Apparati di seguito elencate:

- 1) Sala Apparati Principale;
- 2) Sala Apparati Secondaria;
- 3) Sala Apparati Sottotorre.

La Sala Apparati Principale dovrà ospitare i rack dei sistemi master (principali) mentre la Sala Apparati Secondaria dovrà ospitare i rack dei sistemi slave (o di riserva): questa soluzione garantirà la continuità delle operazioni anche in caso di guasti/manutenzioni in una delle due sale.

La Sala Apparati Sottotorre ospiterà esclusivamente quegli apparati che, per problematiche tecniche/operative, devono essere posizionati nelle vicinanze della Sala Operativa nonché i quadri elettrici della cabina torre.

Per aeroporti a medio volume di traffico (essendo il numero degli apparati esiguo) e compatibilmente con le distanze calcolate accettabili tra i sistemi interessati, la Sala Sottotorre potrà coincidere con la Sala Apparati Secondaria.

Le Sale Apparati (Principale e Secondaria) dovranno essere posizionate nelle immediate vicinanze del fusto della Torre al fine di minimizzare la lunghezza dei collegamenti con la Sala Operativa ed i tempi di intervento dei tecnici presso la sala operativa. I cavi di collegamento fra le Sale Apparati e la Sala Operativa passeranno attraverso appositi cavedi.

I locali adibiti al monitoraggio, test e manutenzione degli apparati si riassumono in:

- 1) Sala Regia e Sistema Telegestione degli Apparati;
- 2) Laboratorio di Manutenzione

Per il dimensionamento funzionale del Blocco Tecnico, si veda comunque quanto riportato in Appendice A, Scheda 1, “Elenco unità ambientali ed elementi di dimensionamento”.

I concorrenti, negli elaborati grafici, dovranno inserire, coerentemente alla soluzione architettonica, il marchio/logo della Società, secondo le indicazioni contenute in Appendice B, “Marchio/Logo ed identità visiva di ENAV SpA”.

## 4.1 SALE APPARATI

### 4.1.1 Sala Apparati Principale

La Sala Apparati Principale ospiterà tutti i sistemi e gli apparati master (principali) funzionali all'erogazione dei servizi per la Navigazione Aerea, che saranno alloggiati in armadi rack.

La Sala dovrà avere dimensioni tali per ospitare rack secondo le prescrizioni del para 4.2. La Sala dovrà essere posizionata in modo tale che i cavi per la radio frequenza, tra le antenne poste sulla copertura della TWR e i rack contenenti le radio, non superino i 100 metri di lunghezza.

### 4.1.2 Sala Apparati Secondaria

La Sala Apparati Secondaria ospiterà i sistemi e gli apparati slave (riserva) anch'essi funzionali all'erogazione dei servizi per la navigazione aerea da parte dell'ENAV:

La Sala Apparati Secondaria, per quanto riguarda l'equipaggiamento degli apparati operativi, dovrà essere l'esatta copia della Sala Apparati Principale, al fine di minimizzare gli impatti sulla fornitura del Servizi ATC in caso di guasti in Sala Principale.

La Sala Apparati Secondaria dovrà ospitare rack secondo le prescrizioni del para 4.2e strutture di tipo telecom provider. L'interconnessione tra TWR e Sala Secondaria dovrà essere garantita con un massimo di 60 metri di cavo.

La Sala Apparati Secondaria dovrà essere posizionata nelle immediate adiacenze di quella Principale. In questo caso i cavi per la radio frequenza, tra le antenne poste sulla copertura della TWR e i rack contenenti le radio, non dovranno superare i 100 metri di lunghezza.

### 4.1.3 Sala Apparati Sottotorre

La Sala Apparati Sottotorre dovrà ospitare:

- Sistemi di comunicazione d'emergenza;
- altri apparati con requisiti di distanza stringenti.

Dovrà ospitare rack secondo le prescrizioni di seguito descritte.. La Sala dovrà essere posizionata nei livelli immediatamente inferiori a quello della Sala Controllo di TWR.

I cavi di antenna ed i cavi degli apparati remotizzati dovranno avere lunghezza massima di 60 metri.

## 4.2 REQUISITI GENERALI DELLE SALE APPARATI

Nelle sezioni che seguono si dettaglieranno le caratteristiche generali comuni a tutte le sale apparati.

## Infrastruuture Civili e Impianti Tecnologici

Nell'ottica della riduzione degli ingombri fisici e della diminuzione dei consumi elettrici diretti ed indiretti (condizionamento), si dovrà far ricorso all'impiego della tecnologia modulare (es. Bladesystem).

### Elementi per la definizione delle dimensioni e delle potenze

Per il calcolo delle dimensioni delle Sale apparati, sono stati considerati come elemento di partenza, il numero approssimativo di rack, di dimensioni 60 x 80 cm, che dovranno essere installati ed il numero di strutture di fila.

La disposizione dei rack è stata pensata su due o tre file parallele con uno spazio pari ad un rack lasciato vuoto ogni dieci rack disposti in modo affiancato.

È stato considerato uno spazio pari a circa 0,8 mt anteriormente e posteriormente ad ogni rack, per consentire l'accesso agli stessi, sul fronte e sul retro, per le normali operazioni di manutenzione.

Le sale sono state concepite a pianta rettangolare e le loro dimensioni sono state calcolate al netto di eventuali scivoli, colonne e spazi non fruibili (es. zona apertura porte, finestre, ecc.).

Il dimensionamento della potenza di alimentazione è stato eseguito considerando un assorbimento medio pari a 1,5 KVA per ognuno dei rack da installare ed un fattore di riduzione pari al 50% della potenza ottenuta, al fine di prevedere un approccio economicamente più contenuto, considerando che le sale non saranno subito totalmente occupate..

Il calcolo della dissipazione del calore è stato eseguito considerando per ogni KVA di assorbimento, è necessario dissipare circa 0,66 KW di calore.

Nel dimensionamento delle sale apparati potranno essere considerate anche tecnologie innovative che prevedono l'utilizzo di sistemi rack ad alta efficienza e modularità, intervallati a colonne di raffreddamento ovvero tecniche di compartimentazione dei corridoi freddi e caldi (Green Data Center).

Gli armadi dovranno essere ad elevata capacità di carico e caratterizzati da un approccio strutturato, modulare e intelligente per la distribuzione e il back-up energetico mediante sistemi UPS.

### 4.2.1 Misure e Forme

Le sale dovranno essere a pianta rettangolare tali da garantire la disposizione dei rack su due o tre file parallele e consentire l'accesso agli stessi, sul fronte e sul retro, per le normali operazioni di manutenzione.

I rack dovranno essere collocati in modo da non sollecitare oltremisura il pavimento flottante e la struttura dell'edificio. Si raccomanda di effettuare, una fase preliminare di studio, che identifichi la più adeguata collocazione di tali rack e le eventuali dipendenze alla realizzazione del pavimento flottante e dei solai delle sale.

L'altezza minima delle sale dovrà essere di 3 m al netto del pavimento flottante che dovrà avere un'altezza utile per il passaggio cavi pari ad almeno 40 cm, al netto di eventuali tubazioni per condizionamento centralizzato, antincendio, acqua ed altri.

#### 4.2.2 Illuminazione

All'interno delle sale, dovrà essere garantita una illuminazione sia naturale (con finestre di ridotte dimensioni) che artificiale. In entrambi i casi, dovranno essere adottati sistemi per la parzializzazione della quantità di luce richiesta.

L'illuminamento medio imposto da norma dovrà avere un coefficiente di uniformità pari a 0.8, intendendo tale valore come il rapporto fra illuminamento minimo e quello medio sulla superficie di ogni compito visivo.

È da preferire una soluzione con l'impiantistica a vista (senza controsoffitto), al fine di facilitare le attività di manutenzione e soprattutto l'immediatezza dell'individuazione di un guasto all'impianto.

#### 4.2.3 Alimentazione Elettrica

Gli apparati da installare all'interno delle sale dovranno essere alimentati con tensione di 220 Vca.

La soluzione progettuale per l'impianto elettrico dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- 2 linee di alimentazione elettrica (separate e distinte) da attestarsi su n. 2 quadri elettrici da prevedersi all'interno di ognuna delle sale;
- ogni sala apparati dovrà prevedere un quadro elettrico di continuità assoluta ed uno di preferenziale;
- tutti i rack dovranno avere un UPS dedicato di armadio che dovrà assicurare la continuità per un tempo pari a 10 minuti.

#### 4.2.4 Condizionamento

L'impianto di condizionamento delle sale dovrà consentire il mantenimento di una temperatura costante 24 ore su 24, 365 giorni l'anno.

Si dovrà prevedere l'impiego di n. 2 unità distinte di condizionamento (ognuna delle 2, singolarmente, in grado di far fronte all'intero carico termico) entrambe con emissione di aria fredda sotto il pavimento flottante (sistemi “under”).

Il sistema di condizionamento dovrà prevedere la doppia modalità di funzionamento manuale ed automatico.

Non è richiesta l'alimentazione in continuità assoluta ma solo di tipo preferenziale da un apposito quadro elettrico per i servizi.

In ogni caso dovrà essere sempre prevista un'Unità Trattamento Aria (UTA) o, se sufficienti, Estrattori di Aria.

#### 4.2.5 Antincendio

In tutte le Sale Apparati dovrà essere previsto un impianto di rilevazione fumi, asservito ad unimpianto di spegnimento automatico a gas inerte a saturazione,compartimentato a zone.

#### 4.2.6 Cavedi

Per il passaggio dei cavi e tubature asserviti agli impianti e per gli apparati dei vari ambienti della struttura operativa dovranno essere previsti cavedi realizzati per un agevole e veloce accesso.

Dovranno essere realizzati cavedi verticali dedicati:

- 1) Dati/RF principale: tra Sala Apparati Principale, Sala Sottotorre e Sala Operativa per segnali dati/RF;
- 2) Dati/RF secondario: tra Sala Apparati Secondaria, Sala Sottotorre e Sala Operativa per segnali dati/RF;
- 3) Energia: per il passaggio dei cavi relativi all'energia;
- 4) Tecnologico: per il transito degli impianti tecnologici (condizionamento, antincendio, acqua, ed altre utenze accessorie).

Di seguito si elencano le caratteristiche basilari dei cavedi :

- non dovranno essere elementi strutturali chiusi ma dovranno avere almeno una parete aperta;
- quelli di tipo verticale dovranno essere ispezionabili, dotati di porte di apertura tagliafiamme e di solai tecnici, per ogni piano, realizzati con grigliati, per consentire un agevole accesso al personale addetto alla manutenzione;
- dovranno essere illuminati e dotati di prese per l'alimentazione di eventuali strumenti o apparecchi per la manutenzione;
- al loro interno i cavi dovranno essere alloggiati in opportune strutture portacavi.

Particolare attenzione dovrà essere prestata nella realizzazione del cavedio destinato al passaggio dei cavi di antenna e dei cavi per le alimentazioni degli apparati che verranno collocati sulla copertura, al fine di evitare che eventuali scariche elettriche di fulmini possano propagarsi ad altri apparati.

Nei tratti all'esterno (es. passaggio in zona Sala Operativa) dovranno prevedersi apposite strutture portacavo.

#### 4.3 ALTRI LOCALI DEL BLOCCO TECNICO

Oltre alle Sale Apparati nelle Torri di Controllo è prevista anche la presenza di locali necessari per la gestione, il monitoraggio tecnico e la manutenzione degli apparati. Prima della messa in linea operativa i nuovi sistemi dovranno essere testati in una apposita sala (Sala PSA).

Nei paragrafi che seguono si analizzeranno i requisiti relativi a:

- 1) Sala Regia e Sistema Telegestione Apparati
- 2) Laboratorio manutentore

##### 4.3.1 Sala REGIA e SISTEMA TELEGESTIONE APPARATI

La caratteristica peculiare della Sala Regia dovrà essere quella di consentire al personale tecnico di avere una completa visione della funzionalità e dello stato operativo degli apparati e degli ausiliari di postazione (Antincendio, Antintrusione, ecc.).

Dovrà essere possibile gestire il settaggio operativo dei singoli apparati e la possibilità di inviare comandi agli apparati e di ricevere i messaggi di allarme in formato ottico/acustico allo scopo di permettere una più puntuale e tempestiva gestione tecnica degli apparati legati all'operatività dell'aeroporto.

Allo scopo di individuare in maniera celere malfunzionamenti sulle singole postazioni operative e minimizzare i tempi di intervento si dovrà prevedere, in Sala Regia, la replica di una Postazione Operativa per la visualizzazione, così come appaiono al Controllore in Sala Operativa.

La replica della Postazione Operativa dovrà essere configurabile per rendere possibile la visualizzazione selettiva delle informazioni operative.

La Sala Regia dovrà essere posizionata nelle immediate adiacenze della Sale Apparati Principale e di quella Secondaria.

Tutti gli apparati presenti in Sala Regia dovranno essere remotizzati nella Sala Apparati Principale.

##### Misura e Forma

La Sala Regia dovrà avere pianta rettangolare per garantire la disposizione dei banconi preferibilmente ad “U”, anche se, in casi particolari, e con le dovute evidenze potranno essere adottate soluzioni differenti.

Per indicazioni sulle dimensioni si rimanda all'Appendice A, nella quale sono descritte le misure degli ambienti di lavoro, che dovranno essere considerate quando si andranno a dimensionare le future Sale Regia.

#### 4.3.2 Laboratorio di Manutenzione

La caratteristica peculiare del laboratorio dovrà essere quella di consentire al personale tecnico di effettuare riparazioni di componenti dei sistemi operativi.

Il locale dovrà essere ben arieggiato, in modo da garantire un sano ricambio di aria. Si dovrà prevedere anche una cappa di aspirazione per i fumi di saldatura.

#### 4.3.3 Requisiti generali degli impianti

##### 4.3.3.1 Illuminazione

Dovrà essere garantita una illuminazione sia naturale che artificiale. In entrambi i casi, dovranno essere adottati sistemi per la parzializzazione della quantità di luce richiesta.

Dovrà essere adottata una soluzione con l'impiantistica a vista (senza controsoffitto), al fine di facilitare le attività di manutenzione e l'individuazione di eventuali guasti.

I concorrenti dovranno prevedere soluzioni innovative (ad es. illuminazione a led) e ad alta efficienza energetica.

##### 4.3.3.2 Soffitti

L'altezza, ove praticabile, non dovrebbe essere inferiore a 3 metri al netto del pavimento flottante.

##### 4.3.3.3 Pavimenti

Gli ambienti dovranno essere dotati di pavimento flottante con altezza utile per il passaggio cavi pari ad almeno 40 cm, al netto di eventuali tubazioni per condizionamento centralizzato, antincendio, acqua ed altri condotti.

##### 4.3.3.4 Alimentazione Elettrica

Gli apparati dovranno essere alimentati con tensione di 220 Vca. A tale scopo, sono richieste n. 2 linee di alimentazione elettrica (separate e distinte) da attestarsi su n. 2 differenti quadri elettrici. La sala regia dovrà prevedere un quadro elettrico di continuità assoluta ed uno di preferenziale.

##### 4.3.3.5 Condizionamento

L'impianto di condizionamento dovrà consentire il mantenimento di una temperatura costante 24 ore su 24, 365 giorni l'anno. L'impianto dovrà prevedere l'impiego di n. 2 unità distinte di condizionamento (ognuna delle 2, singolarmente, in grado di far fronte all'intero carico termico). Il sistema di condizionamento dovrà prevedere la doppia modalità di funzionamento in manuale ed automatico.

---

*Infrastrutture Civili e Impianti Tecnologici*

Per il sistema di condizionamento non è richiesta l'alimentazione in continuità assoluta ma solo quella di tipo preferenziale gestita da un apposito quadro elettrico per i servizi.

In tutti gli ambienti dovrà essere prevista una Unità Trattamento Aria (UTA).

#### **4.3.3.6 Antincendio**

Dovrà prevedersi un impianto di rivelamento fumi connesso con un sistema antincendio, dotato di gas di spegnimento automatico per mezzo di saturazione d'ambiente rispondente alla normativa vigente in materia di presenza del personale sugli ambienti di lavoro.

### **4.4 BLOCCO UFFICI E SERVIZI ACCESSORI**

Il blocco uffici ed i servizi accessori saranno posizionati alla base della Torre di Controllo e dovranno prevedere possibilità di ampliamento e sviluppo, in particolare riguardo alle esigenze di alloggiamento di nuovi apparati.

La struttura dovrà essere tale da consentire futuri sviluppi sia sul piano verticale che su quello orizzontale, questi ultimi risultano senz'altro da preferire.

Nel seguito si riporta un elenco, non esaustivo, dei locali del Blocco Tecnico:

- ✓ uffici destinati a personale ENAV in numero sufficiente per il personale operativo, tecnico ed amministrativo, per un totale di 30 persone;
- ✓ uffici destinati a personale del manutentore;
- ✓ sala relief;
- ✓ sala conferenze;
- ✓ spogliatoi;
- ✓ eventuale foresteria;
- ✓ sala ascolto registrazioni;
- ✓ locali per eventuali simulatori.

Si veda comunque quanto riportato in Appendice A, Scheda 2, “Tabelle per spazi e dimensionamento degli uffici ENAV S.p.A”.

I concorrenti, negli elaborati grafici, dovranno inserire, coerentemente alla soluzione architettonica, il marchio/logo della Società, secondo le indicazioni contenute in Appendice B, “Marchio/Logo ed identità visiva di ENAV SpA”.

### **4.5 SUPERFICI ESTERNE**

In prossimità della nuova costruzione dovrà essere disponibile un numero idoneo di parcheggi, nel rispetto della legislazione vigente. Nell'organizzazione degli spazi esterni bisognerà prevedere un'apposita area da attrezzarsi ad Isola Ecologica.

## 5 CENTRALI

Il presente paragrafo si prefigge lo scopo di fornire ai partecipanti al concorso tutte le informazioni necessarie per il corretto dimensionamento delle opere architettoniche necessarie per alloggiare le varie tipologie di centrali asservite alla TWR ed al Blocco Tecnico. Non è richiesta la quotazione degli impianti elettrici, idrici, speciali, etc.

Il solo impianto termico e di condizionamento deve essere quotato.

### 5.1 CENTRALE ELETTRICA

La Centrale Elettrica della singola Torre di Controllo dovrà essere realizzata in modo tale da poter gestire in ingresso la fornitura del Gestore locale di distribuzione di energia elettrica in media tensione e dovrà distribuire in uscita le seguenti fonti di energia elettrica in bassa tensione normale, preferenziale e di Continuità assoluta

Il dimensionamento della cabina elettrica e delle sue forniture dovrà essere realizzato in modo tale da garantire il pieno rispetto delle normative tecniche e di legge vigenti.

#### 5.1.1 Misura e forma

Le Centrali Elettriche delle Torri di Controllo ENAV dovranno essere costituite dai seguenti locali:

- Sala consegna Media Tensione;
- Sala Media Tensione;
- Sala UPS N° 1 e 2;
- Sala Batterie UPS N° 1 e 2;
- Sala GEIA N° 1 e 2;
- Sala Quadri Elettrici;
- Sala Bombole Estinguente.

Tutte le sale, ad eventuale eccezione della sala consegna media tensione, dovranno essere posizionate nelle immediate vicinanze del fusto della Torre al fine di minimizzare la lunghezza dei collegamenti.

Le cisterne per lo stoccaggio del carburante, necessario al funzionamento dei GEIA, dovranno essere interrate al piano strada (non nei seminterrati) e poste nelle immediate vicinanze delle sale GEIA.

Tutti gli ambienti dovranno essere compartimentati mediante pareti ed infissi a tenuta REI 120.

### 5.1.2 Illuminazione

All'interno delle centrali elettriche dovrà essere garantita una illuminazione artificiale, costantemente disponibile alimentata, pertanto, dall'UPS ausiliario servizi cabina.

L'illuminamento medio imposto da norma dovrà avere un coefficiente di uniformità pari a 0.8, intendendo tale valore come il rapporto fra illuminamento minimo e quello medio sulla superficie di ogni compito visivo.

È da preferire una soluzione con l'impiantistica a vista (senza controsoffitto), al fine di facilitare le attività di manutenzione.

I concorrenti dovranno prevedere soluzioni innovative (ad es. illuminazione a led) e ad alta efficienza energetica.

### 5.1.3 Soffitti

L'altezza del soffitto deve essere la minima possibile, comunque non inferiore a 3 metri.

Tale altezza dovrà permettere l'apertura di vani porta sufficientemente alti, trave compresa, da permettere agevolmente il passaggio degli apparati in fase di installazione e/o sostituzione degli stessi.

A soffitto non dovrà essere posata alcuna conduttura che trasporti liquidi di alcun genere onde evitare che accidentali fuoriuscite comportino rischi per l'operatività degli apparati sottostanti.

### 5.1.4 Pavimenti

La centrale elettrica dovrà essere dotata di pavimento fisso (non flottante).

Per il passaggio dei cavi e tubature dovranno essere previsti appositi cavedi.

In tutte le sale dovrà essere predisposta una copertura dielettrica per la protezione degli operatori da eventuali contatti diretti con componenti sotto tensione.

### 5.1.5 Condizionamento

Il mantenimento delle corrette condizioni climatiche dovrà essere assicurato da sistemi adeguati alla tipologia del locale. Tali sistemi potranno essere, preferibilmente massimizzando la ventilazione naturale controllata, e/o ventilazione forzata, e/o a condizionamento completo con gruppi frigo (in grado di far fronte all'intero carico termico dei locali interessati), fan coil, o Unità Trattamento Aria (UTA). L'intero sistema dovrà essere alimentato in Preferenziale.

Considerati i sistemi di condizionamento sopra elencati ed i locali che devono costituire la centrale elettrica, di seguito si riporta la dotazione minima da prevedere per tali ambienti:

- *Sala consegna Media Tensione*: ventilazione naturale.



*Infrastrutture Civili e Imp*

- *Sala Media* completo di condizionatori
  - *Sale GEIA* ventilazione
  - *Sala bomba*

### **5.1.6 Antincendio**

Nella Centrale Elettrica un sistema di allarme correttamente la rive impianto raffreddamento. In tutti i locali dovrà a mezzo saturazione dei locali della centrale e agli attuatori ad innesto. L'eventuale intervento con il sistema di controllo la chiusura delle finestre. In tutti i locali dovranno pannelli comando per pannelli comando per

## 5.2 CENTRALE T

Le centrali termiche dei seguenti flussi:

- in ingresso:  
✓ forn  
✓ gli a  
✓ forn  
gas  
casc