

## **SICUREZZA E MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI**

### **SAFETY AND MAINTENANCE FOR INDUSTRIAL SYSTEMS**

**(ING/IND 17 - 09/B2)**

**A.A. 2019 - 2020**

#### **Programma insegnamento (in italiano)**

##### **I - PROGETTARE E GESTIRE LA SICUREZZA**

###### **Normativa di riferimento**

Analisi comparata della normativa di riferimento per la sicurezza nei sistemi di produzione. Elenco delle norme principali:

Norme generali.

Norme speciali.

Cantieri.

Edilizia e servizi.

Agenti chimici, fisici e biologici.

Prodotti, macchine e impianti.

Incendi.

Inquinamento.

Elementi di deontologia professionale.

###### **Rischi industriali e impostazione del progetto della sicurezza**

Definizione di rischio. Tipologia e classificazione dei rischi industriali. Interventi di prevenzione e protezione. La sicurezza nel ciclo di vita del sistema industriale. Valutazione del rischio e criteri di accettabilità. Valutazioni economiche per la pianificazione della sicurezza. Pianificazione della sicurezza. Impostazione del progetto della sicurezza. Elementi del progetto della sicurezza di un sistema industriale.

**Rischi di natura elettrica:** corto circuito, sovraccarico termico, dispersione di corrente; contatti diretti ed indiretti, interruttori, fusibili, impianto di messa a terra, interruttore differenziale, "messa al neutro". Ispezione e verifica degli impianti elettrici.

**Rischi di natura meccanica:** protezioni, sistemi di comando, manutenzione. Normativa di riferimento: "Direttiva Macchine". Ispezione e verifica delle macchine.

**Rischi chimici, fisici, biologici:** agenti biologici e chimici, rilascio di sostanze tossiche.

**Rischi di incendio:** carico di incendio; classificazione degli incendi e modalità di estinzione, interventi di prevenzione e protezione, tipologia degli impianti antincendio.

**Ergonomia del posto di lavoro:** progettazione del posto di lavoro, parametri dimensionali, lay-out e micro lay-out (lay-out di macchina).

**Qualità dell'ambiente di lavoro:** controllo della qualità dell'aria; ventilazione generale; portata dell'aria di rinnovo; inquinamento chimico aerodisperso in ambienti industriali; valori limite; tabelle ACGIH, metodi di prelievo degli inquinanti; interventi di bonifica; polveri esplosive; cappe di aspirazione.

**Ambiente termico:** equazione di bilancio energetico del corpo umano; parametri caratteristici dell'ambiente termico ed idrometrico; ambienti termici moderati; criterio PMV-PPD di Ranger; ambienti caldi; indice WBGT; ambienti freddi; modalità di intervento.

**Ambiente luminoso:** grandezze caratteristiche; dimensionamento dei sistemi di illuminazione; metodologie di progettazione degli ambienti luminosi; verifica punto a punto.

**Ambiente sonoro:** grandezze caratteristiche; livello sonoro equivalente; strumenti di misurazione; effetti uditivi ed extrauditivi del rumore; analisi dell'ambiente sonoro nei luoghi di lavoro; interventi di bonifica; fonoassorbimento; coefficienti di assorbimento; fonoisolamento; analisi del comportamento fonoisolante di una parete; modelli per l'analisi di ambienti sonori.

### **Metodologie di analisi dei rischi**

Impostazione dell'analisi dei rischi nell'ambito del progetto della sicurezza.

Metodologie per l'analisi dei rischi:

Metodo norma UNI EN ISO 12100:2010.

Metodo MIL-STD 882.

Metodo AISS-Ispesl.

Metodo AHP.

Metodi di origine sistemistica-affidabilistica:

FMEA/FMECA.

Hazop.

ETA.

FTA.

### **Progettazione dell'organizzazione della sicurezza**

Ruoli e responsabilità nelle organizzazioni: il datore di lavoro, il dirigente, il preposto, il responsabile del servizio di prevenzione e protezione, il medico competente, il rappresentante dei lavoratori per la sicurezza. Progettazione dell'organigramma aziendale ai fini della sicurezza.

### **Il fattore umano**

Il fattore umano. Organizzazioni complesse ed errori. Rischi di natura organizzativa. Classificazione degli errori. Correlazione comportamenti-errori. Analisi causale degli incidenti dovuti ad errore. Modelli umani. Modello di Shannon-Weaver per la comunicazione.

### **Gestione per la sicurezza**

I Sistemi di Gestione per la Sicurezza. I Sistemi di Gestione Ambientale. Integrazione nella gestione funzioni aziendali Qualità, Ambiente e Sicurezza. Norme internazionali di riferimento: OHSAS 18001,

UNI EN ISO serie 9000, UNI EN ISO serie 14000. L'impostazione, l'attuazione e la certificazione di un sistema di gestione.

## **II - PROGETTARE E GESTIRE LA MANUTENZIONE**

### **Affidabilità di un sistema industriale**

Definizioni di complessità e di sistema. Richiami di statistica e calcolo delle probabilità. Affidabilità e tasso di guasto. Principali distribuzioni probabilistiche (binomiale, esponenziale negativa, gaussiana, Weibull, etc.) e loro applicazione in ambito affidabilistico. Classificazione dei sistemi: riparabili, non riparabili, ridondanti, non ridondanti. Ridondanza attiva e passiva. Parametri affidabilistici nei sistemi non riparabili. Disponibilità e manutenibilità nei sistemi riparabili. Parametri affidabilistici nei sistemi riparabili. Guasti. Guasti che si autoevidenziano e non si autoevidenziano. Cenni sull'applicazione dei processi markoviani nell'analisi affidabilistica.

### **Analisi affidabilistica dei sistemi industriali**

Tecniche per l'analisi di sistemi complessi. Preliminary Hazard Analysis. Failure Modes, Effect and Criticality Analysis. Hazard and Operability Analysis. Tecniche quantitative per l'analisi di sistemi complessi. Albero degli eventi. Albero dei guasti. Analisi qualitativa dell'albero dei guasti. Minimal Cut Sets. Analisi quantitativa dell'albero dei guasti. Valutazione dei parametri affidabilistici. Tecniche innovative per l'analisi dei sistemi.

### **Progettare la manutenzione**

Termini e definizioni. Servizi di manutenzione e lavori. Riparazioni, adeguamenti, ristrutturazioni e ammodernamenti. Politiche e strategie di manutenzione. Obiettivi della manutenzione. Criteri per la selezione delle politiche e delle strategie di manutenzione. Organizzare le risorse di manutenzione. Il magazzino per la manutenzione. Indici di manutenzione. Il piano di manutenzione. Manuale d'uso. Manuale di manutenzione. Anagrafica: identificazione e classificazione dei cespiti. Cataloghi difetti. Algoritmi per la valutazione dello stato dei cespiti. Il global service: elementi costitutivi, benefici, vincoli. Il facility management. L'outsourcing industriale.

### **Gestire la manutenzione**

Organizzazione in-out della manutenzione. Qualificazione dei fornitori di manutenzione. Contrattualistica di manutenzione. Gestione dei piani di manutenzione. L'acquisizione dati e il monitoraggio delle prestazioni. Scheduling di manutenzione. Schede di manutenzione. Sistemi informativi per la manutenzione. Telemanutenzione. Tecniche di soft-computing per la manutenzione.

### **Ispezione di sistemi complessi (tecnici, industriali, strutturali)**

Attività di ispezione (UNI CEI EN ISO/IEC 17020:2012). Requisiti del collegio di ispezione e valutazione. Pianificazione e programmazione di una ispezione. Ispezione di sistemi complessi per la verifica e la certificazione della conformità alla normativa tecnica e di legge. Ispezione di macchine, ascensori, gru, attrezzature in pressione, impianti elettrici, dispositivi medici, materiali da costruzione e costruzioni. Misure per la sicurezza.

## **III - CANTIERI MOBILI E TEMPORANEI**

### **Progettazione e gestione della sicurezza di un cantiere**

Pianificazione della sicurezza di un cantiere. Definizioni. Ruoli e responsabilità. Elementi per la gestione tecnico-amministrativa degli appalti. Il Direttore dei Lavori. La dichiarazione di inizio attività. Il Coordinatore della Sicurezza. La progettazione della sicurezza del cantiere. Il Piano di sicurezza e coordinamento. Il piano operativo della sicurezza. Contenuti del piano di sicurezza e coordinamento. Pianificazione dei lavori. Costi della sicurezza.

### **Materiale didattico**

L.Fedele, Progettare e Gestire la Sicurezza, McGraw Hill, 2008.

L.Fedele, L.Furlanetto, D.Saccardi, Progettare e Gestire la Manutenzione, McGraw Hill, 2004.

R.Cigolini, A.Deshmukh, L.Fedele, S.McComb, Recent Advances in Maintenance and Infrastructure Management, Springer, 2010.

L.Fedele, Methodologies and Techniques for Advanced Maintenance, Springer, 2012.

Materiale didattico a cura del docente.

### **Programme (in English)**

#### **I - SAFETY DESIGN AND MANAGEMENT**

##### **Normatives and standards**

Comparative analysis of the relevant legislation for safety in production systems. List of standards:

- General.
- Special rules.
- Shipyards.
- Construction and services.
- Chemical, physical and biological.
- Products, machines and plants.
- Fires.
- Pollution.
- Elements of professional ethics.

##### **Industrial risks and setting of the project safety**

Definition of risk. Characteristics and classification of industrial risks. Interventions for prevention and protection. Security in the life cycle of the industrial system. Risk assessment and acceptance criteria. Economic evaluations for safety planning. Safety planning. Project setup of security. Elements of the design of the safety of an industrial system.

**Electrical hazards:** short circuit, thermal overload, current leakage, direct and indirect contacts, switches, fuses, system grounding, circuit breaker, "set to neutral." Inspection and verification of electrical installations.

**Mechanical risks:** protections, control systems, maintenance. Reference standard: "Machinery Directive". Inspection and verification of machines.

**Chemical, physical, biological and chemical agents:** release of toxic substances.

**Risk of fire:** fire load; classification of fires and how to extinction, prevention and protection, types of firefighting equipment.



**Ergonomics at the workplace:** the design of the workplace, sizing parameters, lay-out and micro layout (layout of the machine).

**Quality of the work environment:** air quality control, general ventilation, air flow rate of renewal; chemical in air pollution in an industrial environment; limit values; tables ACGIH, methods of sampling of pollutants; remediation, explosive powders; fume hoods.

**Thermal Environment:** energy balance equation of the human body characteristic parameters of the thermal and hydrometric; moderate thermal environments; criterion PMV-PPD Ranger; warm; WBGT index; cold environments; approaches.

**Light environment:** characteristic variables; sizing of lighting systems, design methodologies light environments;-point inspection.

**Sound environment:** characteristic variables; equivalent sound level, measuring instruments, auditory and extra-auditory effects of noise analysis of the sound environment in the workplace; remediation; sound absorption, absorption coefficients, sound insulation, sound insulation analysis of the behavior of a wall order model for the analysis of sound environments.

### **Methods for risk analysis**

Setting of the risk analysis within the project's safety.

Methodologies for risk analysis:

- Method UNI EN ISO 12100:2010.
- Method MIL-STD 882.
- Method AISS-Ispesl.
- AHP method.
- Reliability methods:
  - FMEA / FMECA.
  - Hazop.
  - ETA.
  - FTA.

### **Designing safety organization**

Roles and responsibilities in organizations: the employer, the manager, the person in charge, the person in charge of prevention and protection, the competent doctor, the representative of the workers' safety. Designing the corporate organization for security purposes.

### **The human factor**

The human factor. Complex organizations and error. Risks of an organizational nature. Classification of errors. Correlation-error behavior. Causal analysis of accidents due to error. Human models. Shannon-Weaver model for communication.

### **Safety management systems**

Management Systems for Safety. The Environmental Management Systems. Integration in managing business functions Quality, Environment and Safety. International reference standards: OHSAS 18001, UNI EN ISO 9000, UNI EN ISO 14000 series. The setting, implementation and certification of a management system.

## **II - MAINTENANCE DESIGN AND MANAGEMENT**



### **Reliability of an industrial system**

Definitions of complexity and system. Basic concepts of statistics and probability theory. Reliability and failure rate. Main probability distributions (binomial, negative exponential, Gaussian, Weibull, etc..) And their application in the reliability front. Classification of systems: repair, non-repairable, redundant, non-redundant. Active and passive redundancy. Parameters of reliability systems that can not be repaired. Availability and maintainability in repairable systems. Parameters of reliability in repairable systems. Faults. Markov processes.

### **Reliability analysis of industrial systems**

Techniques for the analysis of complex systems. Preliminary Hazard Analysis. Failure Modes, Effects and Criticality Analysis. Hazard and Operability Analysis. Quantitative techniques for the analysis of complex systems. Event tree. Fault tree. Qualitative analysis of the fault. Minimal Cut Sets. Quantitative analysis of the fault. Evaluation of parameters of reliability. Innovative techniques for the analysis of systems.

### **Design of maintenance**

Terms and definitions. Maintenance services and works. Repairs, adjustments, restructuring and modernization. Policies and maintenance strategies. Objectives of maintenance. Criteria for the selection of the policies and strategies of maintenance. Organize maintenance resources. The warehouse for maintenance. Indices of maintenance. The maintenance plan. User Manual. Maintenance Manual. Personal data: identification and classification of assets. Catalogues defects. Algorithms for assessing the status of the assets. The global service: constituent elements, benefits, constraints. The facility management. The outsourcing industry.

### **Maintenance management**

Organization-out maintenance. Qualification of suppliers of maintenance. Contracts maintenance. Management of maintenance plans. The data acquisition and monitoring of performance. Scheduling of maintenance. Maintenance schedules. Information systems for maintenance. Tele-maintenance. Soft-computing techniques for maintenance.

### **Inspection of complex systems (technical, industrial, structural)**

Inspection activities (UNI CEI EN ISO / IEC 17020:2012). Requirements of the College of inspection and evaluation. Planning and scheduling of an inspection. Inspection of complex systems for the verification and certification of conformity with the technical regulations and the law. Inspection of machines, elevators, cranes, pressure equipment, electrical systems, medical devices, building materials and construction. Safety measures.

## **III TEMPORARY YARDS**

Design and management of the safety of a construction site

Planning safety of a site. Definitions. Roles and responsibilities. Elements for technical and administrative management of contracts. The Safety Coordinator. The design of the safety of the yard. The safety plan and coordination. The operational plan of safety. Contents of the safety plan and coordination. Planning of the work. Safety costs.

### **References**

- L.Fedele, Progettare e Gestire la Sicurezza, McGraw Hill, 2008.  
L.Fedele, L.Furlanetto, D.Saccardi, Progettare e Gestire la Manutenzione, McGraw Hill, 2004.  
R.Cigolini, A.Deshmukh, L.Fedele, S.McComb, Recent Advances in Maintenance and Infrastructure Management, Springer, 2010.  
L.Fedele, Methodologies and Techniques for Advanced Maintenance, Springer, 2012.  
Educational materials.

### **Obiettivi formativi (in italiano)**

Gli infortuni sul lavoro sono oggetto di continua attenzione da parte dei mass media.

Il fenomeno, la cui drammaticità è nota in tutta la crudezza soprattutto a chi ha assistito dal vivo a un incidente e alle sue conseguenze, merita indubbiamente grande attenzione, purché non manchi il rigore che la gravità dell'argomento richiede.

Proprio perché non di un solo infortunio ci si deve occupare, bensì di migliaia all'anno solo nel nostro Paese, è bene affrontare la questione partendo da una informazione corretta.

In secondo luogo, fatto più importante, l'impianto normativo odierno, basato sulla normativa italiana storica, sulla normativa europea e da alcune recenti norme nazionali complementari, pur sussistendo alcune difficoltà, è estremamente ampio e completo e riflette una impostazione di base incontestabile. Dunque, come si può affrontare il fenomeno infortunistico così da ottenere una sensibile riduzione del numero degli incidenti, in particolare di quelli gravi?

Sul piano delle soluzioni operative a breve termine, attraverso l'attività di controllo condotta in conformità alle normative tecniche che regolamentano le attività di ispezione (UNI CEI EN ISO 17020), garantendo indipendenza e obiettività di giudizio.

In secondo luogo, attraverso la analisi dei rischi, che è una complessa attività progettuale e di calcolo.

Il corso si propone di fornire le basi di conoscenza necessarie alla progettazione e alla gestione della sicurezza e della manutenzione dei sistemi industriali, intesi quali sistemi di produzione complessi.

A tale scopo il corso affronta la trattazione dei fenomeni rischiosi che possono ricorrere in una attività produttiva, informa sulle norme di legge e di buona tecnica esistenti al riguardo e introduce alle metodologie di analisi dei sistemi e affidabilistiche utili a prevedere e a gestire fenomeni imprevisi nel funzionamento delle macchine, delle apparecchiature e degli impianti.

Particolare enfasi viene data alla Manutenzione, quale disciplina fondamentale per la garanzia della sicurezza di un qualsiasi sistema, anche alla luce di alcune significative tendenze in atto (facility management, global service, outsourcing).

### **Educational Objectives (in English)**

The course aims to provide the necessary knowledge to the design and management of safety and maintenance of industrial systems, considered as complex production systems.

To this end, the course deals with the handling of hazardous phenomena that can occur in a productive



activity, provides information on laws and existing good practice in this regard and introduces methodologies for systems analysis useful to anticipate and manage unexpected phenomena in the operation machinery, equipment and facilities.

Particular emphasis is given to the services to guarantee the safety of any system, especially in view of some significant trends (facility management, global services and outsourcing).