

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica
(DISEG)



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale

La manutenzione impiantistica orientata all'affidabilità BIM based

Caso studio: Torre Regione Piemonte

Relatore

Prof.ssa Anna Osello

Correlatore

Ing. Matteo Del Giudice

Candidato

Thomas Fraternali

Anno Accademico 2019/2020

ABSTRACT

La presente tesi ha come obiettivo quello di evidenziare i benefici della metodologia BIM finalizzata alla gestione dei dati per la manutenzione di edifici complessi. In questo periodo di transizione legata alla trasformazione digitale, lo sviluppo di un modello 3D parametrico è finalizzato alla creazione di una banca dati digitale utile per tutto il ciclo di vita degli edifici.

L'elaborazione di un modello, in accordo con standard parametrici adottati trasversalmente in tutte le discipline, permette una migliore gestione di tempi e risorse con evidenti vantaggi per tutti i soggetti coinvolti. In particolar modo è stata sottolineata l'importanza di codifiche univoche per l'individuazione di ciascun elemento presente nell'opera e la nomenclatura di sottosistemi impiantistici per facilitare le successive fasi dell'iter metodologico manutentivo. A partire da tale standardizzazione, è stata simulata una doppia strategia manutentiva di un sistema impiantistico meccanico selezionato, evidenziandone le peculiarità e le criticità mettendo a confronto le potenzialità e le relative caratterizzazioni.

ABSTRACT

The purpose of the thesis is to highlight the benefits of the BIM Methodology on the data management for the complex structure's maintenance. During this historical period focussed on the digital transformation, the development of a 3D parametric model aims at the creation of a useful digital database for the whole buildings life cycle.

In accordance with the parametric standard adopted in different fields of the engineering, the development of a 3D model allows to obtain an improved management of time and resources, with great benefits for all actors involved. In particular in the thesis is underline the importance of using specific and universal coding for two main reasons: the easy detection of each item of the building and the classification of plant engineering subsystem to simplify the subsequent phases of the maintenance process. Starting with this coding, in the thesis it is simulated a double maintenance strategy of a selected mechanical plant system, highlighting its strengths and weaknesses by comparing the capacity and the related characteristics.

Indice generale

1.	Introduzione.....	6
1.1.	Definizione obiettivi principali	6
1.2.	BIM_Building Information Modelling/Model	13
1.3.	Interoperabilità multidisciplinare.....	15
1.4.	Elaborazione MEP <i>As Built</i> per il Facility Managment	18
1.5.	Reliability Centered Maintenance_RCM	20
1.5.1.	Definizione strategia manutentiva.....	20
1.5.2.	Profili di usura e guasto	23
1.5.3.	Modello affidabilistico complesso di sistemi riparabili e non riparabili	25
1.6.	Presentazione del caso studio	35
1.7.	Normative di riferimento	37
2.	Metodologia	38
2.1.	Schema metodologico	38
2.2.	Definizione Level Of Development_LOD	39
2.3.	Modellazione impiantistica digitale	39
2.3.1.	Realizzazione file modello.....	39
2.3.2.	Modellazione sistema idraulico	42
2.3.3.	Modellazione sistema aeraulico	47
2.3.4.	Gestione del browser di sistema e controllo delle disconnessioni	49
2.4.	Allineamento standard parametrici	51
2.5.	Modelli di coordinamento	54
2.5.1.	Aggiornamento codifica files	54
2.5.2.	Elaborato di coordinamento multidisciplinare.....	58
2.6.	Codifica standard parametrici	62
2.6.1.	VPL_Visual programming language	62
2.6.2.	Compilazione parametri condivisi.....	63

2.6.3. Codici padre disciplinari	71
2.7. Applicazione al Facility Management digitale	88
2.7.1. La politica di gestione dei guasti.....	88
2.7.2. Manutenzione correttiva	91
2.7.3. Manutenzione preventiva programmata	100
3. Risultati ottenuti e criticità riscontrate	93
4. Conclusioni e sviluppi futuri.....	97
Allegati	98
Bibliografia e sitografia	137
Ringraziamenti.....	99

1. Introduzione

1.1. Definizione obiettivi principali

«La progettazione BIM MEP degli impianti meccanici, nasce e si sviluppa in simultaneità con i modelli di progettazione BIM architettonica e strutturale, infatti solo con una visione d'insieme del sistema edificio-impianto è possibile valutare la coerenza dimensionale e spaziale degli impianti all'interno della costruzione ed evitare errori».¹

La gestione dello spazio, specialmente riguardante la variabile verticale, è sempre stato un tema di grande difficoltà per tutti i professionisti del settore. In passato, quando la tecnologia a disposizione dei tecnici non permetteva ancora la riproduzione di modelli tridimensionali, era molto complicato effettuare corrette valutazioni altimetriche, particolarmente riguardo alla progettazione impiantistica. Spesso si verificavano errori di intersezione tra elementi di discipline differenti, come il tipico sbaglio del passaggio di tubazioni appartenenti all'impianto idraulico all'interno di travi, cordoli e pilastri. Lo sviluppo della tecnica BIM ha permesso un'ottimizzazione delle tempistiche operative in fase progettuale, dedicando maggiori risorse a questa fase preliminare, per poi trarre benefici inerenti ad una maggiore velocità di esecuzione dell'opera ed una riduzione considerevole degli errori in fase esecutiva, il tutto attraverso un completo controllo di tutti i passaggi.

L'elaborato di tesi proposto vuole perciò seguire la linea di utilizzo di software BIM tracciata dallo sviluppo tecnologico contemporaneo specialmente nel campo edile, ma in particolare vuole porre particolare attenzione alle modalità di utilizzo della piattaforma Building Information Modelling riguardo alla fase manutentiva del progetto. Per questo si è posto come obiettivo principale l'individuazione di almeno tre *use cases* dei dati di output originati dal modello elaborato e dalle successive analisi di calcolo eseguite.

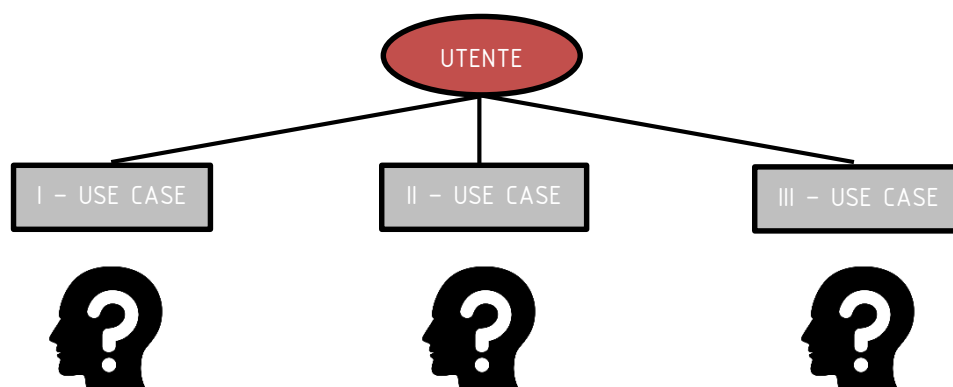


Figura 1 - Schema individuazione *use cases* (Elaborato personale)

¹ <https://www.ingenio-web.it/20070-perche-scegliere-di-progettare-bim-mep-il-punto-di-vista-di-chi-lo-usa-ogni-giorno>

1.2. BIM_Building Information Modelling/Model

In questa prima fase è importante fornire informazioni più esaustive riguardanti la metodologia BIM per poter poi rendere più chiare e comprensibili i successivi step dell'elaborato.

«BIM è l'acronimo di "Building Information Modeling" ovvero Modello di Informazioni di un Edificio. Il NIBS (National Institutes of Building Science) definisce il BIM come la "rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto".

Innanzitutto occorre chiarire che il BIM va inteso come una metodologia operativa e non come uno strumento. Il BIM può essere immaginato come un processo di:

- programmazione
- progettazione
- realizzazione
- manutenzione

di una costruzione che utilizza un modello informativo, ossia un modello che ne contiene tutte le informazioni che riguardano il suo intero ciclo di vita, dal progetto alla costruzione, fino alla sua demolizione e dismissione»².



Figura 2 - Rappresentazione grafica iter informativo contenuto in dispositivi BIM
(Immagine da <http://biblus.acca.it/focus/bim-building-information-modeling/>)

² <http://biblus.acca.it/focus/bim-building-information-modeling/>

Tale modello informativo, detto anche Building Information Model (anche questo nominato con la sigla B.I.M.), è il risultato di un processo di generazione comprendente più nel dettaglio :

- componente geometrica
- relazioni spaziali
- contesto
- vincoli
- quantità
- proprietà dell'edificio.

Ogni componente digitale intelligente dell'opera è associato a dati e regole parametriche che ne descrivono il comportamento meccanico, fisico e termico in senso coordinato e coerente con gli altri elementi a cui è legato attraverso qualche relazione, in cui ogni modifica è riscontrabile immediatamente in ogni possibile vista, abaco o computo del modello.

Il concetto di oggetto parametrico è di centrale importanza per comprendere il B.I.M., e la sua diversità rispetto alla metodologia tradizionale di oggetti 2D, in quanto questa sua caratteristica permette la raccolta di numerose informazioni in più all'interno del modello, evitandone così la perdita nei passaggi del progetto dai team progettuali alle varie imprese interessate o al committente, permettendo anche di aggiungere ed aggiornare tali informazioni in tempo reale per tutti.

Dato l'elevato grado di previsualizzazione, lo sviluppo di un modello B.I.M. completo risulta complesso quasi quanto la realizzazione fisica dell'oggetto reale.

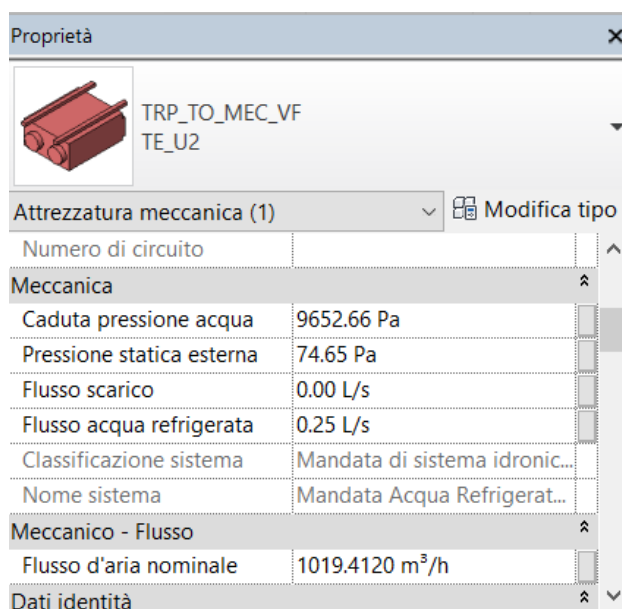


Figura 3 - Esempio di oggetto parametrico (Elaborato personale da Modello Revit)

1.3. Interoperabilità multidisciplinare

Punto di forza della metodologia operativa BIM è la collaborazione tra le diverse figure tecniche interessate nelle diverse fasi del ciclo di vita dell'edificio, al fine di poter ognuno eseguire il proprio compito al massimo della professionalità e poter poi inserire, estrarre, aggiornare o modificare le informazioni all'interno del modello BIM permettendo la visualizzazione istantanea della variazione agli altri operatori interessati.



Figura 4 – Rappresentazione grafica collaborazione tra tecnici BIM
(Immagine da <http://biblus.acca.it/focus/bim-building-information-modeling/>)

Il termine che sintetizza tale abilità cooperativa del software BIM è interoperabilità.

«L'interoperabilità è la possibilità di scambiare i dati contenuti nel modello progettuale di partenza tra diverse piattaforme software e applicativi destinati alle diverse funzionalità coinvolte nelle attività.

La soluzione attraverso la quale è possibile garantire a tutti gli operatori l'accessibilità ai dati e l'interoperabilità si chiama l'IFC. Acronimo di "Industry Foundation Classes", IFC è lo standard internazionale aperto sviluppato da BuildingSMART International utilizzato dai più diffusi software di progettazione. Il formato IFC consente al progettista, da un lato, di continuare a lavorare con gli strumenti che gli sono familiari, dall'altro permette la fruizione e l'utilizzo di tutti i dati contenuti nel progetto relazionandoli alle altre piattaforme software utilizzate dall'utente e dedicate ad altri aspetti – strutturali, gestionali, realizzativi ecc. – dell'opera»³.

³ <https://www.01building.it/bim/formato-ifc-interoperabilita/>

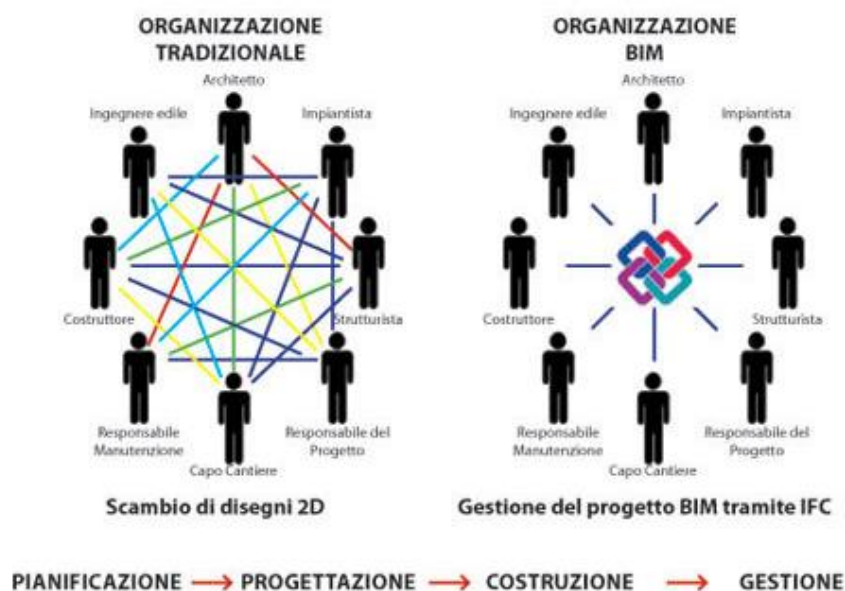


Figura 5 – Schematizzazione interoperabilità del BIM
(Immagine da http://www.struttura.it/portfolio/servizi_bim/)

La completezza multidisciplinare dei dati contenuti in un Building Information Model consente la perfetta integrazione del progetto architettonico con quello strutturale ed impiantistico, garantendo a livello progettuale la realizzazione di un “modello federato” privo di incongruenze, interferenze ed errori.

«MODELLO BIM ARCHITETTONICO

Il modello architettonico BIM è un modello tridimensionale che contiene al suo interno informazioni complesse facilmente trasferibili. Dal modello 3D si possono generare gli elaborati grafici e le viste necessarie a tutte le fasi della progettazione; inoltre è, se debitamente strutturato, è già da solo in grado di comunicare tutte le informazioni necessarie, di gestire attributi quali materiali, i colori, ombre ecc. Inoltre le informazioni parametriche permettono di caratterizzare e distinguere componenti apparentemente simili, come ad esempio le strutture murarie o le porte.

MODELLO BIM STRUTTURALE

Il BIM strutturale è volto alla progettazione delle strutture portanti dell’edificio, gestendo e catalogando i singoli oggetti. Viene realizzato il modello tridimensionale strutturale, che può essere esportato in formati specifici quali, oltre alla parte relativa ai disegni esecutivi, file per macchine a controllo numerico o abachi. E’ possibile realizzare la modellazione di tutte le armature di una costruzione in cemento armato con precisione millimetrica e con geometrie tanto definite da poter essere utilizzate dalle macchine di piegatura e taglio automatico delle barre.

MODELLO BIM IMPIANTISTICO (MEP)

Il BIM impiantistico di un edificio, anche detto MEP (mechanical-electrical-plumbing), contiene tutti i dati impiantistici necessari e il livello di dettaglio dipende dalle richieste del committente. E' possibile linkare ai singoli elementi impiantistici gli schemi unifilari, le schede tecniche, etc. I contenuti di tali link possono essere facilmente integrati e modificati nel corso di vita dell'edificio. Il modello BIM può spaziare dalla semplice visualizzazione schematica, al dimensionamento dell'esecutivo per verificare già in fase progettuale i passaggi delle tubazioni e canalizzazioni. Le diverse tipologie di impianti possono essere visualizzate insieme, per valutare i passaggi e le eventuali interferenze, o separatamente. Allo stesso modo, grazie al formato di interscambio IFC, è possibile far interagire modelli realizzati con piattaforme diverse»⁴.

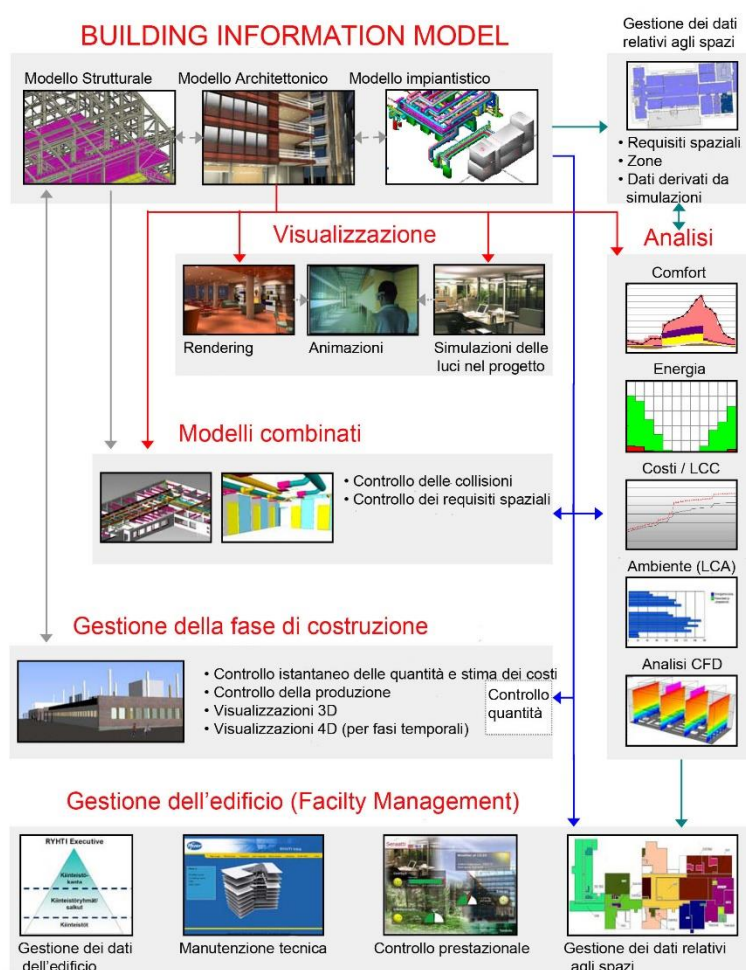


Figura 6 – Schematizzazione interoperabilità multidisciplinare del modello BIM
(Immagine da <https://www.teknoring.com/wikitecnica/tecnologia/building-information-model-bim/>)

⁴ http://www.struttura.it/consulenza_tecnica-strategica/bim/

1.4. Elaborazione MEP *As Built* per il Facility

Managment

«La possibilità di avere un modello BIM MEP unitamente ad un modello BIM architettonico/strutturale è il punto di partenza per una soluzione impiantistica di base, che ci permetta poi di creare e modificare assetti impiantistici MEP 3D (condutture, tubazioni, terminali di emissione) basati sul modello architettonico, ossia perfettamente coordinati col modello virtuale della costruzione e delle sue modifiche»⁵.

La progettazione impiantistica è composta da una prima fase di disegno, una successiva fase di dimensionamento ed una ultima fase di computazione. Lavorando per la realizzazione del modello MEP con una piattaforma BIM è possibile eseguire sia la parte di rappresentazione grafica sia quella di calcolo all'interno dello stesso modello, ottimizzando così, come già ripetuto precedentemente, la gestione del tempo e delle risorse.

Nel Building Information Model vengono inseriti tutti i dati impiantistici necessari: centrale di generazione, reti di distribuzione, sistema di gestione e terminali di emissione. In merito a questi elementi esistono librerie già presenti nei software BIM MEP con componenti delle differenti linee di impianto organizzati in database specifici, in alternativa è possibile personalizzare questi cataloghi modificando elementi già esistenti, importare elementi già modellati da piattaforme esterne dei produttori oppure modellare autonomamente l'oggetto richiesto.

«Il dimensionamento delle linee di impianto avviene attraverso l'applicazione di formule di calcolo e normative specifiche per le singole materie. Il progettista introduce esperienza e conoscenza con cui "guidare" l'attività di calcolo del software, definendo i parametri e le opzioni necessarie per il dimensionamento ed analizzando poi i risultati con l'obiettivo di apportare eventuali accorgimenti se necessari.

In tutte le fasi di sviluppo del progetto, indipendentemente dal livello di dettaglio raggiunto, il modello rappresenta il soggetto da cui estrarre sia le rappresentazioni grafiche (sezioni, partizioni 2D/3D, layout di stampa, etc.) che numeriche (computi metrici, report di calcolo, etc)»⁶. Tutte queste possibili estrazioni rappresentano una fotografia dello stato di avanzamento progettuale, e possono essere condotte in qualsiasi momento dell'iter, in modo particolare diventano di principale importanza durante le fasi finali del processo costruttivo, in quanto il modello BIM, se orientato alla fase di gestione, può diventare un vero e proprio strumento di simulazione, pianificazione ed attuazione per il gestore delle facilities.

Semplificando la complessità della realtà, sia a livello geometrico, che conseguentemente a livello compilativo parametrico sarà possibile ottenere un modello completo nella fase As Built, che conterrà tutte le informazioni necessarie per condurre nel migliore dei modi la fase di gestione dell'intero elaborato.

^{5, 6} <https://www.ingenio-web.it/20070-perche-scegliere-di-progettare-bim-mep-il-punto-di-vista-di-chi-lo-usa-ogni-giorno>

Nel dettaglio, le principali applicazioni del facility management alla modellazione impiantistica MEP riguarda:

- REALIZZAZIONE DI UN DATABASE INFORMATIVO SULLE CARATTERISTICHE IMPIANTISTICHE:

La creazione di un modello BIM di un impianto permette di organizzarne la conoscenza, aumentando in modo significativo gli output e i dati disponibili, organizzando in modo automatico e strutturato le modalità di visualizzazione come gli abachi dei componenti. Ogni abaco consente di visualizzare tutti i campi relativi al componente, i dati geometrici, gli attributi e i relativi parametri condivisi, permettendo così un rapido accesso alle informazioni.

- COMPARAZIONE DIFFERENTI STRATEGIE MANUTENTIVE:

I parametri di progetto del software parametrico non sono sufficienti a caratterizzare gli elementi del modello sotto questo punto vista, perciò è necessario introdurre dei parametri condivisi, specifici per le attività manutentive. Il gruppo di parametri 'manutenzione' serve a definire strategia, tipo, frequenza, costo e durata dell'intervento che si intende valutare, inoltre al fine di voler migliorare il processo gestionale, è utile l'adozione di una struttura anagrafica dell'impianto complesso, basata su un sistema di articolazione, classificazione e codifica univoca di tutti gli elementi.

1.5. Reliability Centered Maintenance_RCM

1.5.1. Definizione strategia manutentiva

Come descritto nei paragrafi precedenti, l'ultima fase dell'iter procedurale di un'opera non si conclude con la fase costruttiva, ma successivamente ha inizio lo step più lungo e per certi versi complicato, ovvero quello della gestione del manufatto e di tutte le attività che concorrono con esso per l'intero ciclo di vita.

La pratica più comune di gestione riguardante un'opera impiantistica avviene attraverso interventi di manutenzione. La manutenzione permette un controllo periodico dell'intero impianto attraverso ispezioni programmate finalizzate al rilevamento di anomalie quali stati di degrado avanzato non previsti e riparazione, interventi di pulizia dei componenti e sostituzioni preventive di elementi danneggiati.

Più dettagliatamente, in questo elaborato di tesi, si è voluta studiare in modo più esauriente il ramo della manutenzione orientata all'affidabilità. «Il termine Reliability Centered Maintenance (RCM) fu introdotto nel 1978 a partire da uno studio specialistico del settore aeronautico elaborato da due ingegneri della United Airlines di San Francisco. Tale studio rappresentò un momento chiave nell'ambito degli studi di affidabilità e manutenzione, infatti nel corso dei trent'anni successivi al secondo conflitto mondiale, era invalsa la consuetudine di operare negli aeromobili con politiche di manutenzione preventiva ciclica che si concretizzavano, in molti casi, nella revisione con sostituzione periodica dei componenti dei sistemi. Tuttavia, studi approfonditi dimostrarono che:

- tali politiche non aumentavano l'affidabilità dei sistemi;
- gli intervalli di revisione non risultavano determinanti in modo analitico;
- le politiche di revisione e sostituzione erano molto costose a fronte di minimi benefici affidabilistici.

In particolare, si evidenziò che molti modi di guasto non potevano essere esclusi con le politiche di sostituzione periodica vista l'assenza, in tali componenti, delle fasi di usura. Inoltre la sostituzione periodica senza determinazione analitica degli intervalli causava:

- la sostituzione di componenti che potevano possedere una vita residua ancora molto elevata;
- l'introduzione di un aumento dei tassi di guasto dovuti alla mortalità infantile dei componenti.

Tali considerazioni hanno spinto l'industria aeronautica a seguire l'industria nucleare e chimica, a dotarsi di politiche di manutenzione che avessero come obiettivo principale l'ottenimento di elevati livelli di affidabilità degli impianti.

Un approccio RCM permette di raggiungere con maggiore facilità gli scopi di sicurezza imposti dalla normativa cogente anche se, più in generale, gli obiettivi di un approccio manutentivo

RCM sono connessi alla riduzione delle conseguenze dei guasti non necessariamente finalizzate ad evitare gli stessi.

La Reliability Centered Maintenance (RCM) è quindi una valutazione sistematica delle funzioni di un sistema (più o meno complesso) e dei relativi modi di guasto, volta a individuare le più efficaci azioni di manutenzione preventiva aventi come priorità la sicurezza del sistema e delle persone.

Essa si basa sull'assunzione che l'affidabilità intrinseca di un sistema è una funzione del progetto e della qualità di produzione. Un efficace programma di manutenzione preventiva assicura che l'affidabilità intrinseca del sistema venga mantenuta. È tuttavia necessario fin da subito specificare che un'ottima RCM non potrà mai sostituirsi a tecniche di progettazione scadenti, a limitate qualità di produzione e a pratiche manutentive scorrette»⁷.

La progettazione dell'RCM per un determinato sistema o componente deve comunque sempre partire da una precisa quantificazione di quelli che sono i parametri affidabilistici che lo caratterizzano.

Per il raggiungimento di tale scopo, preliminarmente è meglio introdurre le definizioni di alcuni termini ai quali si farà frequentemente ricorso:

- AFFIDABILITÀ (RELIABILITY):
«attitudine di un sistema/componente a svolgere una funzione richiesta in date condizioni durante un intervallo di tempo stabilito»⁸.
- DISPONIBILITÀ (AVAILABILITY):
«attitudine di un sistema/componente ad essere in uno stato atto a funzionare come e quando richiesto, in determinate condizioni, partendo dal presupposto che siano fornite le risorse esterne necessarie»⁹.
- MANUTENIBILITÀ (MAINTAINABILITY):
«attitudine di un sistema/componente, in certe condizioni d'uso, ad essere mantenuto o ripristinato in uno stato in cui esso possa eseguire la funzione richiesta, quando la manutenzione è effettuata in date condizioni, e vengono adottate le procedure e le risorse prescritte»¹⁰.

Molto spesso i parametri affidabilistici di un componente o sistema vengono determinati attraverso degli idonei test vita che vengono effettuati in laboratori specializzati, dove tali risultati devono essere adeguatamente contestualizzati rispetto all'ambiente reale di esercizio, in quanto le condizioni operative possono modificare, anche sensibilmente, l'affidabilità dei dispositivi.

⁷ La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore

⁸ Art. 4.2, UNI EN 13306

⁹ Art. 4.1, UNI EN 13306

¹⁰ Art. 4.4, UNI EN 13306

Un approccio che includa sia nella progettazione che nell'utilizzo di un'attrezzatura o impianto, le proprietà e caratteristiche appena descritte presenti nelle UNI EN 13306 e la sicurezza verso le persone e l'ambiente (Safety), prende il nome di RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety). Nello specifico, l'ingegneria dell'affidabilità con approccio RAMS può essere considerata da due punti di vista differenti (a volte perseguibili anche entrambi) quali:

- BOTTOM-UP

In questo caso gli obiettivi affidabilistici complessivi sono raggiunti attraverso le singole proprietà affidabilistiche di ciascuno dei componenti appartenenti al sistema analizzato.

- TOP-DOWN

Nel presente caso invece, sono i criteri di progetto a costituire l'infrastruttura dell'affidabilità complessiva.

1.5.2. Profili di usura e guasto

La costruzione di qualsiasi tipologia di strumento impiantistico richiede l'utilizzo di materiali più o meno suscettibili a fenomeni di degrado ed usura nel corso del tempo.

Tali fenomeni possono risultare più o meno accentuati a causa di una molteplicità di fattori che possono contribuire in modo sinergico, i quali possiamo riassumere i due grandi famiglie:

- Guasti alla parte meccanica della macchina;
- Guasti alla parte di azionamento e comando della macchina.

A volte queste macro categorie tipologiche di guasto si possono sovrapporre rendendo molto difficile la discriminazione delle cause iniziali di un evento di guasto dovuto all'usura, in modo ancor più particolare quando questo si è già manifestato.

È comunque doveroso chiarire sin da questa fase, che le cause di guasto a cui faremo riferimento rappresentano solo le cause ultime, in quanto, le cause di un guasto non sono esclusivamente riassumibili nelle cause fisiche finali di cedimento, ma riguardano anche l'intero contesto in cui uno strumento è situato nel corso della sua vita e di quelle che sono le condizioni al contorno di tale ambiente. Infatti esistono, ben prima che il guasto fisico si manifesti in un'apparecchiatura impiantistica, cause più profonde e remote come:

- Cause organizzative;
- Cause umane;

le quali comunque non tratteremo nello specifico in questo elaborato, ma presteremo maggiore attenzione a quelle che vengono definite come cause funzionali dei guasti.

I guasti funzionali infatti descrivono le diverse modalità con le quali un sistema analizzato non riesce a soddisfare quelli che sono i requisiti funzionali per i quali è stato progettato. È comunque possibile che un sistema pur in presenza di una diminuzione della sua funzione, manifesti ancora prestazioni superiori al limite minimo consentito di funzionalità. Un guasto funzionale può includere quindi:

- La completa perdita della funzionalità;
- Non conformità ai requisiti di prestazione;
- Funzione intermittente;
- Funzionamento quando non necessario.

Particolare attenzione poi dovrà essere posta ai modi di guasto, in quanto essi devono essere identificati ad un livello di causa che permetta di individuare la più appropriata politica di gestione degli stessi. I modi di guasto devono essere affrontati allo stesso livello di dettaglio con il quale il sistema sarà mantenuto, infatti, per questo, le modalità di guasto che non potranno essere affrontate singolarmente, ad esempio perché presenti all'interno di un sottosistema, non hanno necessità di essere enumerati, in quanto l'eventuale guasto sarà comunque ricompreso al livello del sottosistema stesso.

«Il processo RCM prevede di identificare i guasti funzionali prima dei modi di guasto relativi. Inoltre, la descrizione delle modalità di guasto deve essere sufficiente a permettere di identificare l'opportuna politica manutentiva»¹¹.

Successivamente bisognerà fare riferimento a quelli che sono gli effetti del guasto, infatti come stabilito dall' art. 5.4 della norma SAE JA 1011, deve essere descritto cosa accadrebbe al sistema se il modo di guasto ipotizzato avesse luogo ed in linea di massima tale descrizione dovrebbe riguardare sia l'effetto sul singolo elemento, sia quelli sugli elementi circostanti, sia sulla capacità funzionale del sistema complessivo. In ogni caso, l'effetto ipotizzato dovrà essere il più severo che può essere ragionevolmente atteso.

Infine bisognerà esaminare quelle che sono le conseguenze del guasto, in quanto alcuni modi di guasto hanno luogo con modi tali per cui non è possibile rivelare il guasto fino a quando non ha luogo un secondo guasto. Queste ultime tipologie di guasto vengono definite occulte, in quanto non sono rilevabili durante le ordinarie condizioni di utilizzo di un sistema. Riepilogando, il primo guasto rilevabile durante il normale funzionamento viene definito evidente, mentre un guasto occulto è quello che viene rilevato solo dopo l'apparire di un secondo guasto concomitante ad esso.

L'approccio RCM alla valutazione delle conseguenze, ha luogo quindi a partire da una distinzione tra avarie palesi ed avarie occulte. Inoltre, un'altra caratteristica che distingue l'RCM da altre politiche di manutenzione è quella di distinguere quelle che sono le specifiche conseguenze di un guasto in quattro categorie:

- CONSEQUENZE PER LA SICUREZZA DELLE PERSONE
Sono quelle relative alla presenza di modi di guasto che hanno la capacità di ferire, anche gravemente, le persone. Nel particolare queste modalità di guasto devono avere una probabilità di accadimento non tollerabile;
- CONSEQUENZE AMBIENTALI
Riguardano impatti sull'ambiente non compatibili con la legislazione specifica;
- CONSEQUENZE OPERATIVE
Comprendono tutte quelle che determinano variazioni della capacità di produzione di un determinato sistema;
- CONSEQUENZE NON OPERATIVE
Classificano tutte quelle differenti dalle tre precedenti.

¹¹ La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore

1.5.3. Modello affidabilistico complesso di sistemi riparabili e non riparabili

Tutti gli elementi componenti gli impianti possono essere suddivisi in due grandi tipologie:

- NON RIPARABILI;
- RIPARABILI.

Il ripristino dell'avaria di un componente o del sistema non riparabile presuppone sempre la sostituzione, mentre quando avviene un guasto ad un componente riparabile esso può essere ripristinato attraverso il processo di riparazione.

MODELLO AFFIDABILISTICO DEI SISTEMI NON RIPARABILI

Come già definito precedentemente, i componenti non riparabili sono quelli in cui le prestazioni in caso di guasto non possono essere ripristinate. L'evoluzione della standardizzazione nelle applicazioni impiantistiche è volta a rendere non riparabile anche una parte di attrezzature che nel passato potevano essere sottoposte ad un ripristino manutentivo.

Se associamo ad un determinato componente o sistema una funzione, questa sarà progettata per fornire un particolare risultato nell'unità di tempo. L'erogazione di tale funzione da parte dell'elemento o insieme di elementi, sarà tuttavia soggetta ad una evoluzione che, nel procedere della vita utile, determinerà un degrado al di sotto dei limiti di accettabilità, questo evento prende il nome di guasto potenziale. In altre parole, esso può essere definito come:

«l'evento in corrispondenza del quale la funzione cessa di essere fornita poiché la prestazione ad essa associata diminuisce al di sotto dei limiti di accettabilità»¹².

Ovviamente queste considerazioni sviluppate nel caso di elementi non riparabili si mantengono valide anche nel caso di elementi o sistemi complessi riparabili.

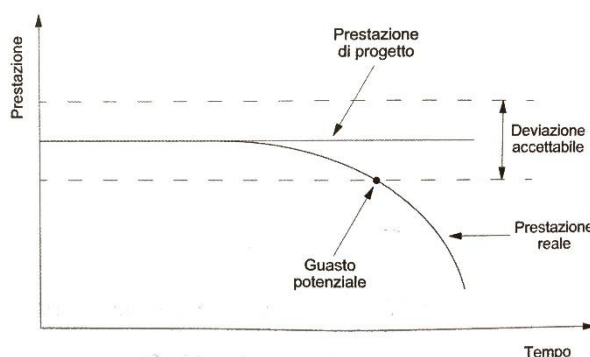


Figura 7 - Rappresentazione schematica del guasto di un componente (Immagine da La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore)

¹² La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore

Nella pratica applicativa, esistono differenti tipologie di distribuzioni probabilistiche che descrivono il comportamento dei parametri di guasto nell'intervallo di tempo prefissato di componenti e sistemi complessi. La probabilità di guasto nell'intervallo tra t e $t+dt$ di un elemento sopravvissuto fino all'istante t è pari a:

$$\lambda(t) \cdot dt$$

dove:

$\lambda(t)$ è il rateo di guasto;

dt è l'intervallo di tempo infinitesimo rispetto a cui valuto la probabilità di guasto.

I componenti impiantistici e le macchine si possono guastare in differenti modalità di distribuzioni statistiche, dividendosi in funzioni discrete e funzioni continue, ma le più comuni ed utilizzabili per tali scopi hanno i seguenti andamenti:

- Distribuzione normale
- Distribuzione esponenziale
- Distribuzione di Weibull

Nella presente trattazione ci soffermeremo però a descrivere più nel particolare le due tipologie utilizzate nel caso studio.

La distribuzione esponenziale

Tale distribuzione presenta una densità di probabilità descritta da una funzione esponenziale inversa con tasso di guasto costante. Questa condizione rende molto semplici le equazioni, che sono rappresentate come:

$$f(t) = \lambda \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$$

dove:

λ è il rateo di guasto costante.

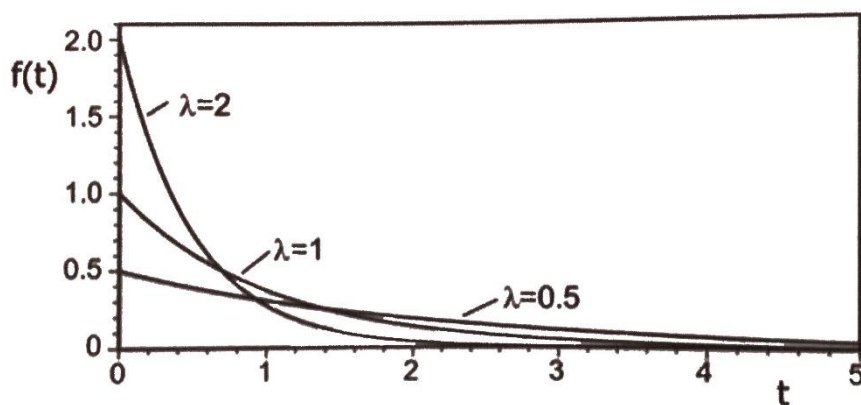


Figura 8 - Diagramma densità di probabilità della distribuzione esponenziale al variare del tasso di guasto
(Immagine da la manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti
Quaderni per la progettazione_EPC editore)

Dall'equazione ricavata applicando la definizione di affidabilità ed adottando un tasso di guasto costante, si deriva l'espressione dell'affidabilità nel caso della distribuzione esponenziale come:

$$R(t) = \exp(-\lambda \cdot t)$$

L'andamento di tale funzione dell'affidabilità parametrizzato in base ad un tasso di guasto evidenzia un rapido appiattimento per i valori di rateo di guasto più elevati.

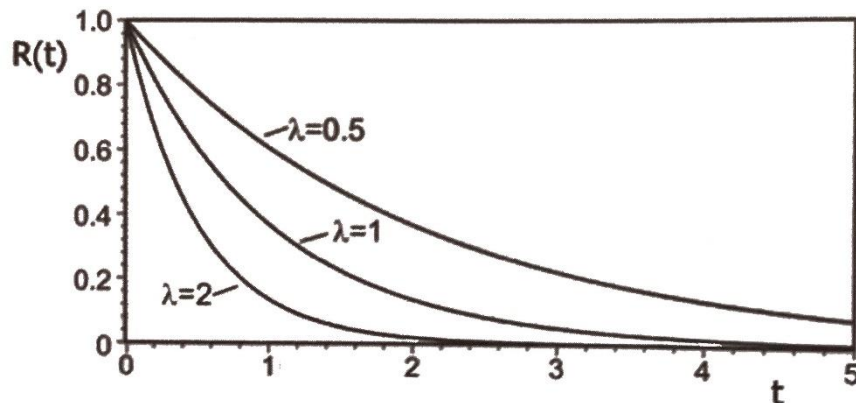


Figura 9 - Diagramma affidabilità della distribuzione esponenziale al variare del tasso di guasto
(Immagine da La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti
Quaderni per la progettazione_EPC editore)

Applicando le stesse semplificazioni descritte precedentemente all'espressione generale dell'MTTF (Mean Time To Failure), si ottiene:

$$MTTF = 1 / \lambda$$

Un'ulteriore risultato facilmente ricavabile, rappresenta il valore di affidabilità che si ottiene in corrispondenza del momento in cui avviene il guasto, applicando un valore temporale pari a quello del MTTF nella formula dell'affidabilità:

$$R(MTTF) = \exp(-\lambda \cdot MTTF) = \exp(-\lambda / \lambda) = \exp(-1) = 0,368$$

In altre parole, un elemento con una vita accumulata di esercizio pari al proprio MTTF, possiede un'affidabilità pari a circa un terzo dell'affidabilità iniziale.

Nel caso in cui si voglia valutare la vita di progetto di un componente o sistema complesso avente rateo di guasto costante, si può ottenere facendo la formula inversa dell'affidabilità:

$$R(t) = \exp(-\lambda \cdot t) \rightarrow t = -(1/\lambda) \cdot \ln R(t)$$

In particolare, l'applicazione di un valore di affidabilità di progetto pari a 0,5, in quanto oltre tale valore diventa maggiore la percentuale di inaffidabilità, riusciamo a ricavare una vita di progetto pari a:

$$t = 0,693 \cdot MTTF$$

Tale distribuzione appena descritta si basa come già detto sull'adozione dell'ipotesi di tasso di guasto costante per ogni componente, e tale ipotesi vale come l'assunzione di assenza di memoria da parte dell'elemento, cioè, essendo costante il rateo di guasto, esso non dipende dalla durata del tempo di missione. «Questa proprietà deriva dalla natura completamente casuale del meccanismo di guasto e non dipende da fenomeni di usura, fatica, corrosione ecc. Inoltre, in termini affidabilistici, la sostituzione periodica di componenti aventi tasso di guasto costante non fornisce alcun beneficio in termini di incremento dell'affidabilità stessa»¹³.

La distribuzione di Weibull

La presente, rappresenta una delle distribuzioni probabilistiche più impiegate, in quanto, ha la peculiarità di poter modellare le funzioni sia con tassi di guasto costanti, sia crescenti che decrescenti.

L'equazione parametrica che descrive la densità di probabilità è:

$$f(t) = \beta/\alpha \cdot (t/\alpha)^{\beta-1} \cdot \exp-(t/\alpha)^\beta$$

dove:

α è la vita caratteristica o parametro di scala (ricavabile da tabelle con valori parametrici standard);

β è il parametro di forma (ricavabile da tabelle con valori parametrici standard).

Il parametro β caratterizza la funzione di Weibull a livello di forma. I casi tipici che può assumere sono i seguenti:

- $\beta=1$ la funzione è uguale alla distribuzione esponenziale;
- $\beta=2$ la funzione è assimilabile alla distribuzione di Rayleigh;
- $\beta=3,5$ la funzione è assimilabile alla distribuzione normale.

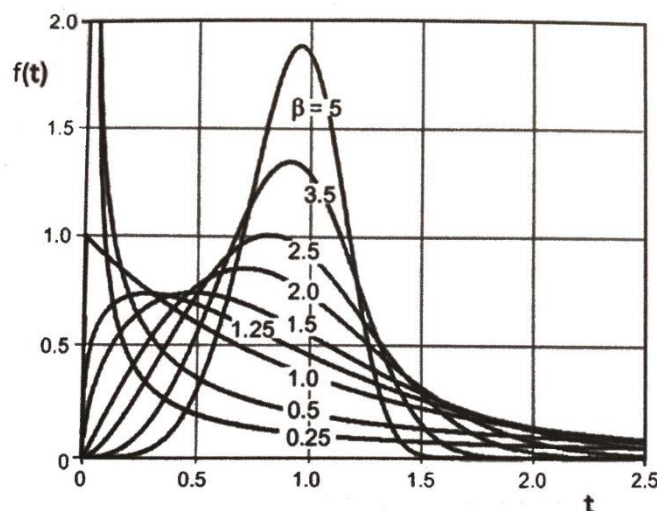


Figura 10 – Diagramma densità di probabilità della distribuzione di Weibull al variare del parametro di forma

¹³ Beretta,2009; Ebeling,2010

(Immagine da La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore)

Per quanto riguarda il tasso di guasto, l'equazione diventa:

$$\lambda(t) = \beta/\alpha \cdot (t/\alpha)^{\beta-1}$$

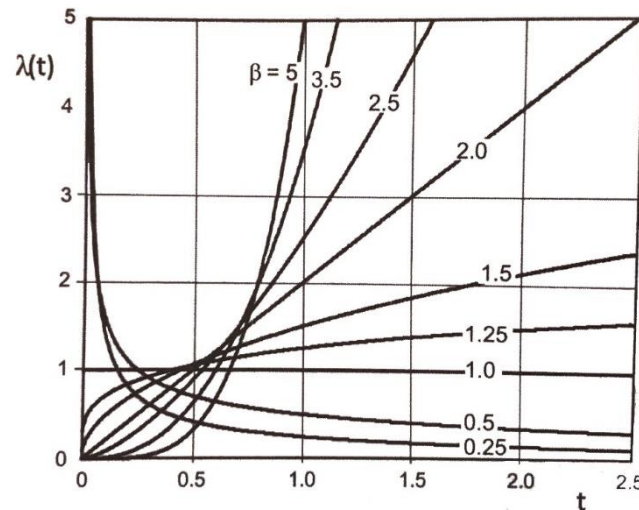


Figura 11 – Diagramma tasso di guasto della distribuzione di Weibull al variare del parametro di forma
(Immagine da La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore)

Come si evince dal grafico, il rateo di guasto presenta le seguenti caratteristiche:

- per $\beta < 1$ il tasso di guasto ha un andamento decrescente;
- per $\beta = 1$ il tasso di guasto ha un andamento costante;
- per $\beta > 1$ il tasso di guasto ha un andamento crescente.

Il parametro di affidabilità, essendo correlato ai precedenti parametri, anch'esso subisce una semplificazione a livello di equazione:

$$R(t) = \exp(-(t/\alpha)^\beta)$$

MODELLO AFFIDABILISTICO DEI SISTEMI RIPARABILI

Nella realtà che ci circonda, non troviamo solo modelli costituiti da componenti non riparabili come quelli visti in precedenza, in quanto, questi rappresentano solo una parte dell'insieme di macchine, impianti ed apparecchi presenti. In parecchie casistiche, un elemento guasto può essere riparato e perciò possono essere ripristinate le prestazioni che possedeva in origine.

Come prima cosa, definiamo pertanto come *sistema* un insieme assemblato di componenti realizzato per assolvere ad una determinata funzione per la quale è stato progettato. Tale funzione, nel caso in cui non si realizzi un guasto catastrofico, può essere ripristinata grazie alla sostituzione di uno o più componenti (non riparabili) guasti.

«Nella trattazione che seguirà dovremo fare ricorso ad alcune semplificazioni che, in alcune circostanze, potrebbero apparire restrittive rispetto alla variabilità delle condizioni di funzionamento di una macchina. La prima assunzione è che esistono solo due stadi di funzionamento del sistema:

- funzionante;
- guasto.

Non considereremo pertanto situazioni intermedie di parziale funzionamento in presenza di uno o più guasti. Questo presuppone, tra l'altro, che sia identificato con precisione un livello minimo di prestazione al di sotto della quale il sistema si ritiene in condizioni di guasto. La seconda assunzione è che l'operazione di riparazione ripristina integralmente il sistema, come esso fosse nuovo (=As Good As New). Anche in questo caso l'ipotesi risulta non sempre verificata nella corretta pratica manutentiva»¹⁴.

In altri termini, con questa seconda assunzione, non si contempla sia l'ipotesi di riparazione che di ripristino parziale della funzionalità del sistema. Tale semplificazione facilita notevolmente la trattazione matematica della problematica affidabilistica.

«In particolare i componenti non riparabili sono assimilabili a quelli riparabili solo in occasione del primo guasto. In altri termini, se si vuole studiare il comportamento di insiemi riparabili, in occasione del primo guasto, è possibile ricondurre tale analisi a quella più semplice, relativa a sistemi non riparabili»¹⁵.

Tutti i parametri affidabilistici studiati per quanto riguarda i componenti non riparabili, possiedono un equivalente nell'ambito dei sistemi riparabili. Il tempo medio al guasto MTTF (Mean Time To Failure) per i sistemi non riparabili è rappresentato dal parametro MTBF (Mean Time Between Failure) tempo medio tra i guasti per i componenti riparabili.

Occorre però prestare particolare attenzione nel non confondere la *vita media del componente o sistema*, con quelli che sono i suoi parametri affidabilistici (MTBF, MTTF). Questi ultimi infatti, sono calcolati in periodi di tempo in cui il rateo di guasto risulta costante, mentre invece la vita media è rappresentativa di un multiplo del tempo di missione atteso dal sistema. Un semplice esempio per comprendere meglio la differenza è quello relativo ad un giovane umano. Esso ha una bassa probabilità di contrarre malattie mortali, perciò avrà un tasso di guasto di circa 0,0004 morti/anno. In questo caso, il relativo MTBF sarà pari a circa 2500 anni, mentre la vita media attesa sarà intorno ai 75 anni. In altri termini, la vita media tiene in considerazione i guasti di ogni componente, e prende in considerazione anche la sua usura.

¹⁴ La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore

¹⁵ Manzini et AL,2007

La Disponibilità A (Availability) (come definita nel precedente paragrafo 1.5.1.) è data dalla seguente equazione:

$$A = \text{Uptime} / \text{Tempo totale} = \text{Uptime} / (\text{Uptime} + \text{Downtime})$$

Dove:

Uptime indica il tempo di funzionamento del sistema;

Downtime indica il tempo di guasto del sistema.

Nella pratica applicativa, in realtà esistono due tipologie di disponibilità:

- disponibilità intrinseca (A_i)
- disponibilità ottenuta (A_a)

la diponibilità intrinseca è una utile espressione di progetto, ed è data dalla seguente formula:

$$A_i = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

Dove:

MTTR rappresenta il tempo medio di ripristino.

Tuttavia però, non in tutte le situazioni la disponibilità dei sistemi stabilita in sede di progetto è sempre vera, quindi serve verificare tale parametro in base all'espressione della diponibilità ottenuta:

$$A_a = \text{MTBM} / (\text{MTBM} + \text{MDT})$$

Dove:

MDT è il tempo medio di interruzione del servizio, è il periodo durante il quale il sistema risulta in uno stato di guasto;

MTBM è il Mean Time Between Maintenance e comprende sia quella che è la manutenzione preventiva, sia quella correttiva non prevista, ed è quantificabile in base all'espressione:

$$\text{MTBM} = t_d / m(t_d) + (t_d / T_{pm})$$

Dove:

t_d è la vita di progetto del sistema;

$m(t_d)$ è il numero medio cumulate di guasti nel corso della vita di progetto;

T_{pm} è l'intervallo medio di manutenzione preventiva.

Particolare attenzione deve essere posta anche nel non confondere i due parametri MTTR e MDT. Infatti, il termine della riparazione di un sistema non coincide spesso e volentieri con la sua rimessa in servizio. Così come la messa fuori servizio, a sua volta, non coincide con l'inizio delle operazioni di riparazione. Ulteriormente, spesso la riparazione può iniziare prima della messa fuori servizio e terminare dopo la rimessa in servizio. In sintesi, la valutazione di tali quantità temporali risulta spesso di difficile entità.

Come è stato visto precedentemente, è molto importante la scegliere una distribuzione del tasso di guasto che rispecchia il più possibile quella reale dell'elemento o sistema analizzato, per poter valutare nel modo più esatto possibile il suo comportamento nel tempo rispetto ai guasti.

«Nell'ipotesi di considerare un campione molto ampio di componenti tutti operanti nelle medesime condizioni operative il profilo dell'andamento del tasso di guasto risulterà probabilmente simile a quello definito in figura, avente il nome di curva di bathtub (=curva a vasca da bagno). La curva di bathtub nell'altro è che la sommatoria dei vari fenomeni di guasto che si manifestano, a carico dei componenti, al variare del loro tempo di utilizzo. Inizialmente la popolazione manifesterà un alto tasso di guasto dovuto principalmente a criticità legate alla produzione. Tale tasso decrescerà più o meno rapidamente in funzione dei controlli e delle tipologie di rodaggio poste in essere fino a raggiungere un tasso di guasto minimo e costante, tipico della presenza di fenomeni di danneggiamento random. Il periodo con tasso di guasto costante è definito *vita utile* del componente poiché in questo intervallo di tempo può essere utilizzato con elevato vantaggio di affidabilità. Il tasso di guasto, poi, comincia a crescere di nuovo a causa della presenza di fenomeni di usura.

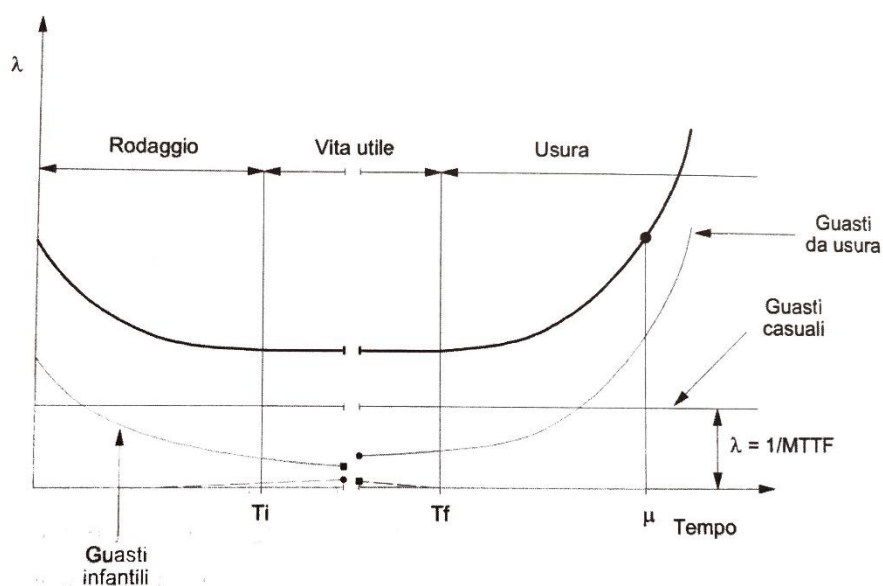


Figura 12 - Rappresentazione andamento tasso di guasto attraverso curva di Bathtub (curva a vasca da bagno) (Immagine da La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore)

Risulta a questo punto particolarmente utile soffermarsi sulle caratteristiche del tasso di guasto in funzione del tempo di utilizzo del componente o sistema. L'andamento del tasso di guasto può essere rappresentato con almeno sei tipologie differenti di profilo, così come in figura. In essa si evidenziano i seguenti specifici profili:

- TIPOLOGIA A: rappresenta la classica curva di Bathtub con presenza di una mortalità infantile decrescente seguita da una zona a tasso di guasto costante (oppure gradualmente crescente) terminante in una regione a tasso di guasto rapidamente crescente dovuta ad usura. Questo tipo di andamento del tasso di guasto deriva dall'inviluppo della maggior parte dei profili di guasto che andremo di seguito ad elencare.
- TIPOLOGIA B: profilo con tasso di guasto costante (oppure gradualmente crescente) seguito da una regione a tasso di guasto rapidamente crescente dovuta ad usura.
- TIPOLOGIA C: profilo con tasso di guasto lentamente crescente ma che non manifesta la presenza di fasi finali a rapida usura.
- TIPOLOGIA D: tasso di guasto basso con i componenti nuovi o appena revisionati, seguita da un rapido incremento ad un livello relativamente costante.
- TIPOLOGIA E: tasso di guasto relativamente costante con il tempo e, quindi, presenza di guasti casuali. Componenti privi di memoria.
- TIPOLOGIA F: presenza di una zona iniziale ad elevata mortalità infantile, seguita da un tasso di guasto costante (oppure gradualmente crescente). Anche in questo caso i componenti non possiedono memoria e i guasti avvengono casualmente»¹⁶.

¹⁶ La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore

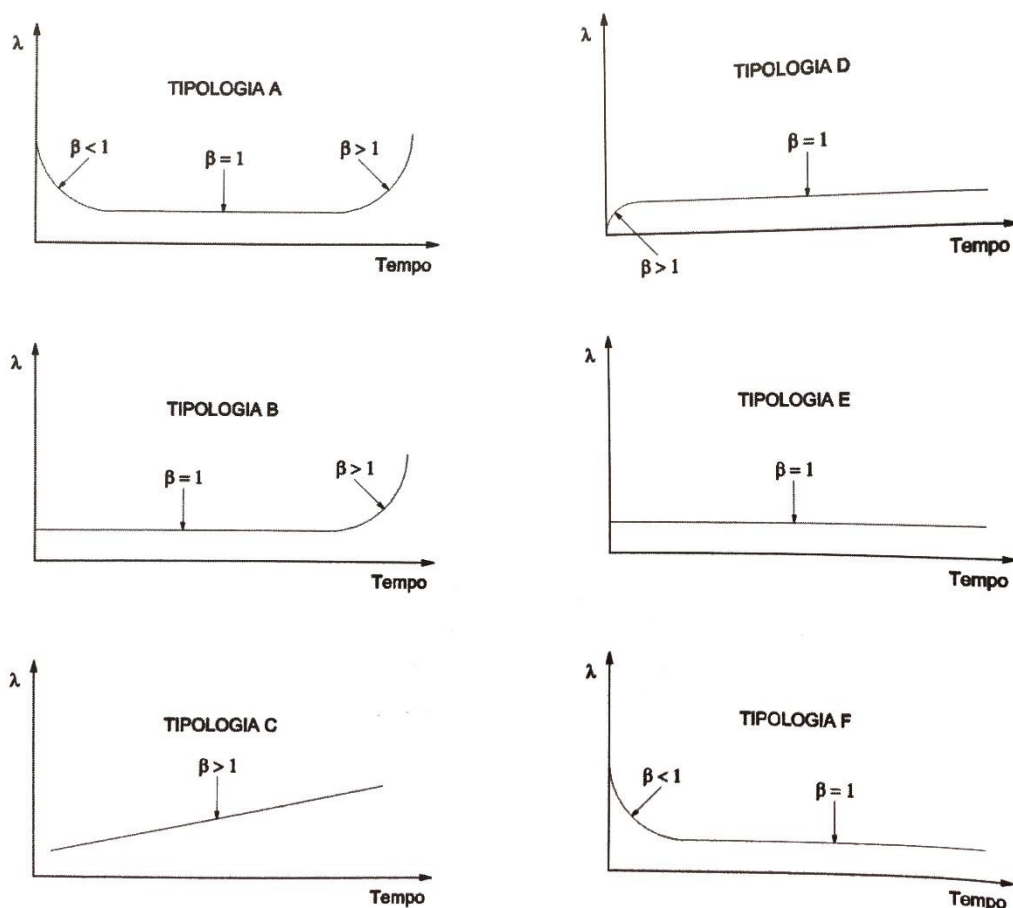


Figura 13 – Diagramma delle tipologie dei profili di guasto
(Immagine da La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti
Quaderni per la progettazione_EPC editore)

Tipicamente, i sistemi più semplici hanno un andamento del rateo di guasto in accordo con i profili tipologici A e B, mentre, al contrario i profili C, D, E ed F rappresentano meglio quelli dei sistemi più complessi. In modo più particolare, gli elementi dei sistemi più semplici manifestano maggiormente l'influenza diretta tra l'età del componente e la sua affidabilità. Questo a causa dei fenomeni di usura e fatica. Normalmente, il punto più finale del tratto costante prima del nuovo incremento di tasso di guasto, rappresenta il punto di fine vita utile del componente, perciò un limite di età fondato sul tempo di funzionamento o su cicli di sollecitazione potrebbe essere efficace per migliorare l'affidabilità globale dell'elemento composto nel quale tali componenti sono installati. Per quanto riguarda invece i sistemi complessi, si evidenzia una certa mortalità infantile al termine della quale il rateo di guasto rimarrà costante. In queste particolari situazioni, l'introduzione di sistemi manutentivi preventivi, ad esempio basati sulla sostituzione periodica degli elementi guasti, potrebbe diminuire l'affidabilità complessiva dell'insieme a causa dell'introduzione di guasti di rodaggio nelle fasi iniziali di vita.

Ad ogni modo, nel presente trattato, gli andamenti di tasso di guasto seguiti durante le successive fasi di calcolo sono quelli inerenti alle specifiche distribuzioni statistiche utilizzate.

1.6. Presentazione del caso studio

Il caso studio trattato nel presente elaborato di tesi è il “Grattaciolo della Regione Piemonte”, un edificio istituzionale, destinato a diventare la futura sede unica degli uffici della Regione, ad eccezione del Consiglio regionale che manterrà la sua sede in Palazzo Lascaris. Il grattaciolo è stato progettato da Massimiliano Fuksas e il terreno individuato per l’insediamento dell’edificio è costituito dall’area già utilizzata dall’ex Fiat Avio nel quartiere di Torino Nizza Millefonti, poco distante dal polo fieristico del Lingotto.



Figura 14 – Immagine rappresentativa dell’edificio oggetto di tesi
(Immagine da https://it.wikipedia.org/wiki/Grattaciolo_della_Regione_Piemonte)

«Il grattaciolo, terzo per altezza in Italia dopo la Torre Unicredit di Milano di 231 metri (dei quali 152 di corpo e 79 di guglia) e la Torre Isozaki (Allianz) di 209,20 metri sempre a Milano, prevede 42 piani di cui due interrati: 41 saranno destinati a ufficio mentre l’attico del 43° piano (posto a circa 200 m di altezza) ospiterà un bosco pensile accessibile al pubblico che costituirà di fatto la piattaforma panoramica più alta tra quelle presenti in qualsiasi grattaciolo italiano dato che la Torre Isozaki di Milano non possiede sulla sua sommità un simile spazio aperto al pubblico. Il progetto subì numerose modifiche che ne determinarono la riduzione in altezza da quella originale di 220 m a quella definitiva di 209 m. Sulle facciate è prevista l’installazione di 1.000 m² di pannelli fotovoltaici, per garantire per quanto possibile l’autosufficienza energetica, unita alla costruzione di grandi superfici vetrate per ridurre la necessità di ricorrere a luce artificiale.

La superficie complessiva sulla quale sorge il grattaciolo è di circa 70.000 m² e sono previsti circa 60.000 m² di spazi accessori e opere esterne che prevedono anche l’insediamento di esercizi commerciali al fine di rilanciare lo sviluppo del quartiere. Saranno

anche previste la realizzazione di un nuovo quartiere residenziale capace di ospitare circa 5.000 abitanti e la nuova stazione ferroviaria Lingotto con una struttura a ponte che collegherà l'attuale scalo esistente»¹⁷.

L'edificio è composto da tre complessi distinti per funzione:

- TORRE: nella quale sono collocati tutti gli uffici della Regione;
- CORTE INTERRATA SU DUE LIVELLI: che ospita tutte le funzioni a servizio degli uffici;
- CENTRO SERVIZI, un edificio formalmente autonomo collegato alla Torre che ospita il Centro Congressi, la mediateca e la biblioteca, con alla base l'asilo nido.

«La pelle esterna del Centro Servizi è realizzata con pannelli in vetro alternati a pannelli in alluminio entrambi parzialmente apribili. Il volume della Torre si sviluppa su di una base quadrata di 45 x 45 metri, al piano terra troviamo la hall d'ingresso alla Torre che è caratterizzata da un grande vuoto a tutt'altezza all'interno del quale sono poste delle "lame" trasversali con differenti inclinazioni che rifrangono la luce creando un caleidoscopico gioco di luci»¹⁸.

Il presente caso studio verrà trattato nell'elaborato di tesi dal punto di vista della modellizzazione BIM dell'impianto HVAC di una parte dei piani destinato ad uso uffici facenti parte del complesso Torre, verrà poi sottoposto a codifiche parametriche finalizzate all'individuazione univoca di elementi, sistemi e sottosistemi, al fine di poter selezionare un sistema da analizzare applicando differenti strategie manutentive

¹⁷ https://it.wikipedia.org/wiki/Grattacielo_della_Regione_Piemonte

¹⁸ <https://modulo.net/it/realizzazioni/palazzo-della-regione-piemonte>

1.7. Normative di riferimento

«La progettazione BIM sta progressivamente e sistematicamente prendendo piede anche in Italia con notevoli sviluppi per quanto riguarda normativa tecnica e legislazione, più volte ripresa, modificata e aggiornata negli ultimi anni. Molti dei più lungimiranti paesi della Comunità Europea hanno già da tempo sviluppato e introdotto policy sulla digitalizzazione del settore progettuale edile»¹⁹. «Il panorama normativo sul BIM evolve e progredisce, grazie anche alle spinte fornite negli ultimi due anni dal Governo per l'adozione del BIM nel settore delle opere pubbliche. Un processo di riforma sistemico che interessa tutta la filiera del settore, dai progettisti alle imprese, dalle stazioni appaltanti agli enti di formazione e le università»²⁰. Tutti i professionisti del settore stanno assistendo ad un cambiamento epocale in Italia marcato dalla emanazione di specifiche norme di tipo tecnico sul BIM per come progettare e gestire le fasi di realizzative di un'opera.

Questo iter procedurale ha visto come tappe fondamentali l'introduzione del Nuovo Codice Appalti, l'emanazione della Norma UNI 11337 che rappresenta la prima vera norma tecnica italiana sul BIM, e la firma del decreto BIM da parte del Ministro per i Trasporti e le Infrastrutture. In linea con l'andamento nazionale ed europeo il presente elaborato farà riferimento a quelle che sono le prescrizioni e leggi vigenti che regolano i temi trattati. Di seguito verrà presentato un elenco delle principali seguite:

Norma UNI 11337;

Norma SAE JA 1011;

Norma UNI EN 13306;

^{19, 20} <https://www.a-sapiens.it/bim/news/normativa-bim-uni-11337>

2. Metodologia

2.1. Schema metodologico

In questo paragrafo viene rappresentato graficamente lo schema del flusso metodologico seguito nel presente trattato di tesi :

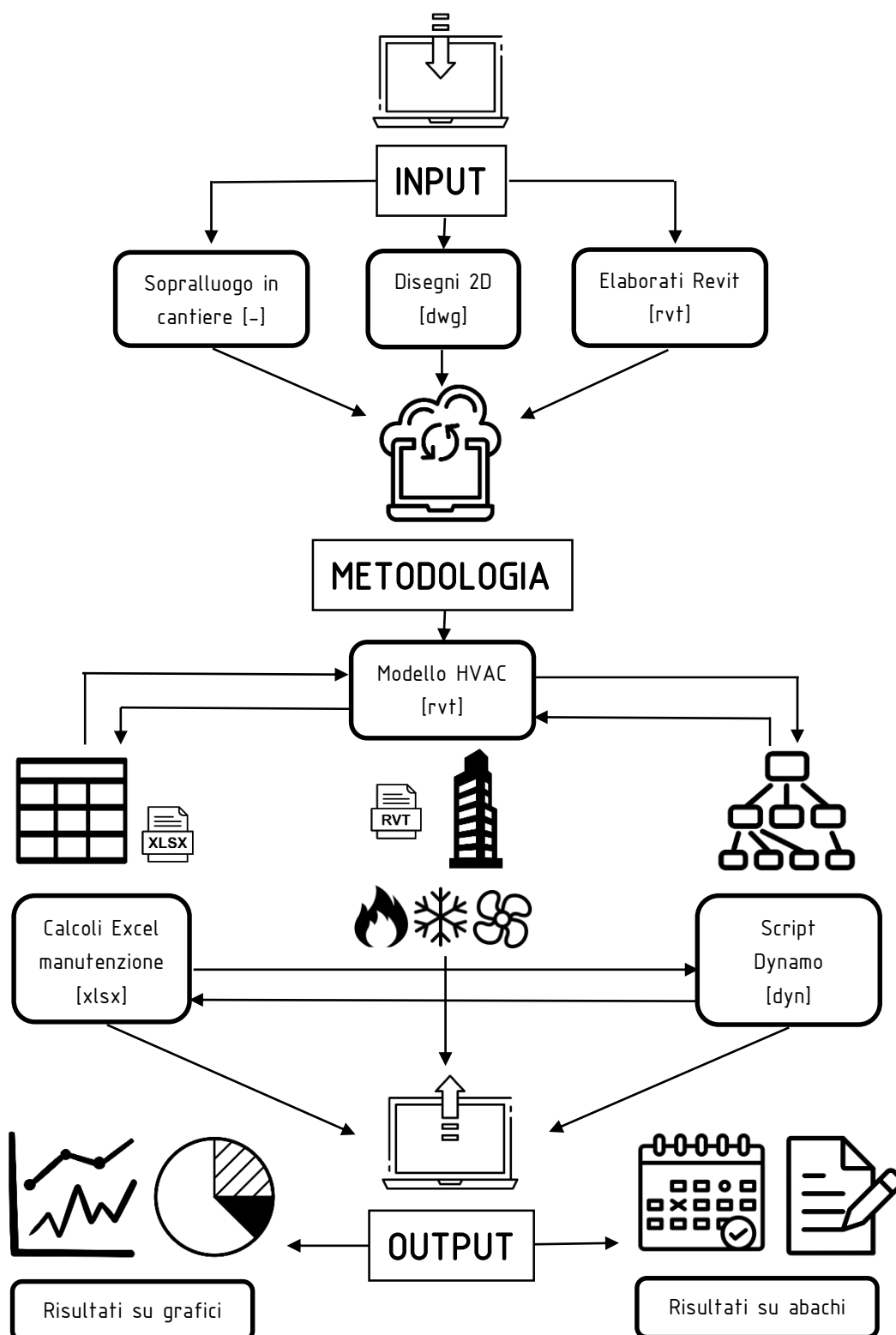


Figura 15 – Schema flusso metodologico tesi (Elaborato personale)

2.2. Definizione Level Of Development_LOD

«Nel quadro dell'impostazione metodologica e concettuale che caratterizza il Building Information Modeling particolare rilievo ha il tema dei livelli di dettaglio, i cosiddetti LOD, acronimo di Level Of Detail.

I LOD hanno infatti il compito di definire con precisione il livello di approfondimento delle informazioni di varia natura che sono contenute all'interno del modello. In questa ottica, in particolare, i Level Of Detail rappresentano un punto di riferimento definito che permette a tutti i soggetti coinvolti nel progetto di specificare e articolare la costruzione di un modello Bim con un elevato grado di chiarezza circa i suoi contenuti e la massima affidabilità delle informazioni ad esso relative lungo tutte le diverse fasi in cui si articola il processo di concepimento e realizzazione dell'opera»²¹.

Per la definizione di quelle che sono le caratteristiche che ogni singolo elemento deve possedere per appartenere ad un particolare livello di LOD, esistono due riferimenti normativi ai quali si può fare riferimento, nell'esattezza il primo è statunitense e prende il nome di American Institute of Architects (AIA), mentre il secondo è italiano ed è descritto dalla norma UNI 11337-4:2017. Nella presente tesi si vuole descrivere solo la normativa italiana in quanto quella utilizzata per la scelta del livello di dettaglio.

Tale normativa UNI 11337-4:2017, nel particolare esegue una distinzione tipologica tra il termine LOD, il termine LOG e il termine LOI. Nello specifico il primo indica il livello di sviluppo degli oggetti digitali, il secondo il livello di sviluppo degli oggetti-attributi geometrici, mentre il terzo il livello di sviluppo degli oggetti-attributi informativi.

«Per quanto riguarda la definizione dei singoli LOD, la normativa adotta la scala generale che segue:

- LOD A: le entità sono rappresentate graficamente attraverso un sistema geometrico simbolico o una raffigurazione di genere presa a riferimento senza vincolo di geometria. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono indicative;
- LOD B: le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico generico o una geometria d'ingombro. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono approssimate;
- LOD C: Le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico definito. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono definite in via generica nel rispetto dei limiti della normativa vigente e delle norme tecniche di riferimento e riferibili a una pluralità di entità simili;
- LOD D: le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico dettagliato. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono specifiche di una pluralità definita di

²¹ <https://www.01building.it/bim/lod-progettazione-bim/>

prodotti simili. È definita l'interfaccia con altri sistemi specifici di costruzione, compresi gli ingombri approssimati di manovra e manutenzione;

- LOD E: le entità sono virtualizzate graficamente come uno specifico sistema geometrico specifico. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono specifiche di un singolo sistema produttivo legato al prodotto definito. È definito il livello di dettaglio relativo alla fabbricazione, l'assemblaggio e l'installazione compresi gli specifici ingombri di manovra e manutenzione;

- LOD F: gli oggetti esprimono la virtualizzazione verificata sul luogo dello specifico sistema produttivo eseguito/costruito. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono quelle specifiche del singolo sistema produttivo del prodotto posato e installato. Sono definiti per ogni singolo prodotto gli interventi di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'opera;

- LOD G: gli oggetti esprimono la virtualizzazione aggiornata dello stato di fatto di una entità in un tempo definito. Sono definiti per ogni singolo prodotto gli interventi di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'opera»²².

Prospetto C.33 Esempio di LOD tubazione antincendio


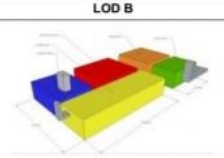
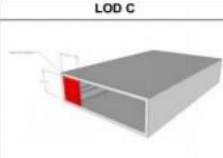
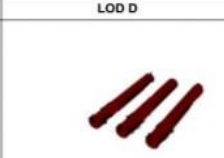
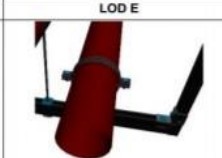
LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E
				
Geometria	Geometria Rappresentazione concettuale e generica degli spazi degli ingombri principali di tutti gli impianti (cavedi e cunicoli tecnici).	Geometria Rappresentazione concettuale e generica degli spazi degli ingombri complessivi principali delle tubazioni (cavedi e cunicoli tecnici).	Geometria Forma, dimensioni, posizione, ingombri, pendenze, valvole, pezzi speciali per montanti, dorsali e derivazioni effettivi. Margini ed ingombri effettivi per manutenzione, supporti, ancoraggi effettivi, per controllo vibrazioni e consolidamento antisismico utilizzati per montanti, dorsali, derivazioni. Forometrie effettive orizzontali e verticali.	Geometria Componenti supplementari per la fabbricazione e l'installazione in cantiere.
Oggetto	Oggetto	Oggetto Solido 3D	Oggetto Solido 3D	Oggetto Solido 3D
Caratteristiche	Caratteristiche • Indicazione delle dimensioni complessive occupate dalle tubazioni	Caratteristiche • Definizione dei percorsi principali all'interno dei cavedi e dei cunicoli tecnici	Caratteristiche • Definizione effettiva di parametri di performance (diametro nominale, allacciamento, pressioni, portata, potenza, curva caratteristica, prevalenza, ecc.)	Caratteristiche • Nome prodotti, nome produttori • Modalità di installazione

Figura 16 - Rappresentazione tabellare classificazione LOD da UNI 11337
(Immagine da norma UNI 11337-4:2017)

Nell'elaborato di tesi, al momento della definizione del livello di dettaglio degli elementi facenti parte del modello BIM trattato, si è vagliata l'opzione di modellare gli elementi in modo che potessero essere ben riconoscibili geometricamente (come LOD C) ma che non

²² <https://www.01building.it/bim/lod-progettazione-bim/>

contenessero proprio tutti i dettagli di compilazione parametrica propri del LOD D, perciò si è scelto di eseguire una modellazione con un livello di dettaglio intermedio tra il LOD C e il LOD D.

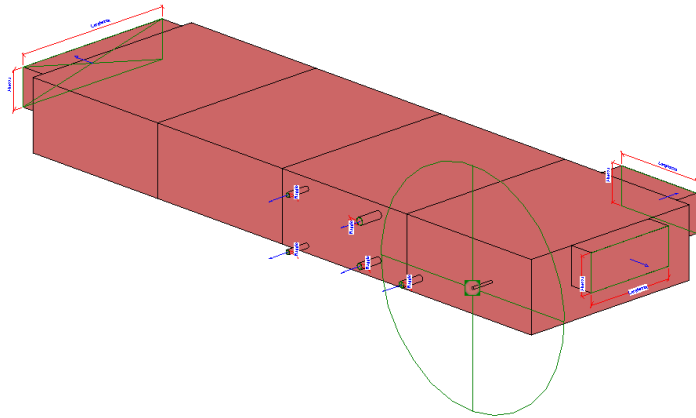
LOD C \leq LOD ELEMENTI TESI \leq LOD D	
	
<p>GEOMETRIA: rappresentazione concettuale generica degli spazi e degli ingombri complessivi, sia per quanto riguarda gli elementi aeraulici che idraulici.</p>	
<p>OGGETTO: solido 3D</p>	
<p>CARATTERISTICHE: definizione effettiva di parametri di performance, parametri di identificazione e parametri atti allo sviluppo manutenzione (codice identificativo, codici padre, classi di elementi tecnologici, codice esistente, ecc.)</p>	

Tabella 1 – Scheda LOD esempio componente attrezzatura meccanica UTA (Elaborato personale)

2.3. Modellazione impiantistica digitale

Le due sezioni principali del trattato sono costituite da una prima fase di modellazione, avente lo scopo di realizzare a livello geometrico e spaziale la riproduzione digitale del presente caso studio, ed una seconda fase di analisi, in cui è stato studiato il modello realizzato, implementato a livello di codifiche parametriche e successivamente sottoposto a simulazioni manutentive.

Nel presente paragrafo si vuole descrivere la modalità di esecuzione della prima fase di modellazione.

2.3.1. Realizzazione file modello

Oggetto di tesi è la realizzazione digitale dell'impianto di climatizzazione del Grattacielo Regione Piemonte, limitato ai piani da 31 a 40. Il dispositivo elettronico utilizzato per eseguire tale modellazione è Revit 2017, in linea ed accordo con i dispositivi utilizzati dagli altri membri del *team work* con cui è stata realizzata una collaborazione complementare di modellazione, al fine di cooperare verso la costruzione di un processo progressivo interoperabile, multidisciplinare e basato su chiavi di lettura parametriche comuni.

Il modello federato è stato realizzato in base al livello dell'iter progettuale denominato *As built*, rappresentativo dell'ultima fase del processo, ovvero come costruito. Spesso durante la realizzazione dei progetti il momento più critico dell'iter non è costituito dai diversi step progettuali in cui si richiede un livello di dettaglio sempre maggiore, ma da quello della realizzazione opera, dove è pratica comune rilevare delle criticità dovuti ad errori progettuali non riscontrabili a livello grafico ma solo riscontrabili in fase esecutiva. Tali errori ovviamente dovranno essere risolti mediante soluzioni che nella maggior parte dei casi comportano delle variazioni al progetto originale, per questo risulta importante avere una versione di elaborato aggiornato a quest'ultime variazioni.

L'utilizzo del livello As Built è stato fatto in accordo con i dati di input a disposizione, riguardanti elaborati grafici bidimensionali rappresentanti le distribuzioni impiantistiche divise per piano e per disciplina, ovvero in parte aeraulica e parte idraulica. Altri dati di input sono stati i files in formato .rvt riguardanti la disciplina architettonica dell'edificio Torre Regione Piemonte e il file contenete tutti gli elaborati bidimensionali precedentemente descritti. Questi sono stati di particolare importanza al fine di una corretta realizzazione del modello, in quanto, hanno permesso la continua osservazione e controllo delle posizioni planimetriche degli elementi e la limitazione delle interferenze con le caratteristiche architettoniche dell'opera. I contenuti di tali files non sono stati copiati ed incollati nel modello Revit di tesi, ma sono stati linkati all'interno di tale modello. Questa procedura ha permesso una vantaggiosa riduzione del peso del file modello, in quanto i files linkati non gravano sulla pesantezza del file ospitante, ed allo stesso tempo permettevano sia la

visualizzazione grafica che la possibilità di interrogazione da parte degli elementi dei files linkati.

Prima di eseguire questo step del linkaggio dei files collegati, è stato necessario individuare delle coordinate di riferimento comuni a tutti i files in gioco, per permettere una coerenza e perfetta complementarità tra i diversi files. Nel caso in esame, visto che il file di partenza è stato un file modellato da un altro membro del team work che aveva già precedentemente stabilito tali coordinate, è stato sufficiente andare sulla sezione gestisci del modello, cliccare sulla voce coordinate aprendo un menù a tendina e selezionare la modalità acquisisci coordinate.

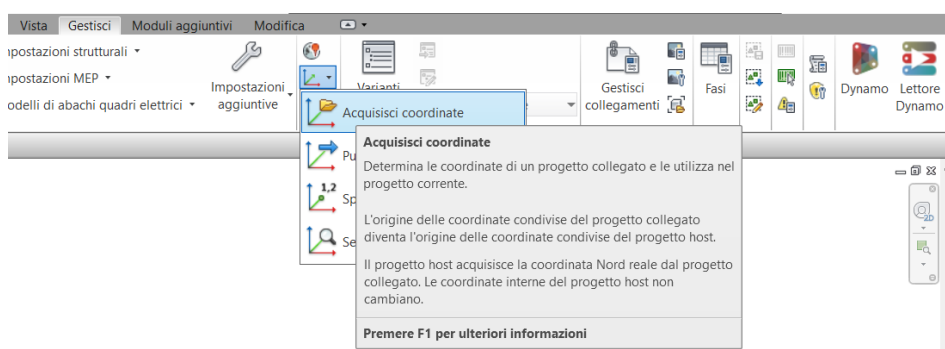


Figura 17 – Rappresentazione modalità acquisizione coordinate (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

In questo modo si sono recepite quelle che sono le coordinate di riferimento del progetto e per le successive fasi di collegamento dei files occorre andare nuovamente sulla sezione *gestisci*, cliccare sul pulsante *gestisci collegamenti*, cliccare nuovamente sulla voce *aggiungi*, selezionare il file .rvt che si vuole linkare e prestare particolare attenzione riguardo alla scelta tra le opzioni di *posizionamento*, e scegliere l'alternativa *Automatico: da origine a origine*.

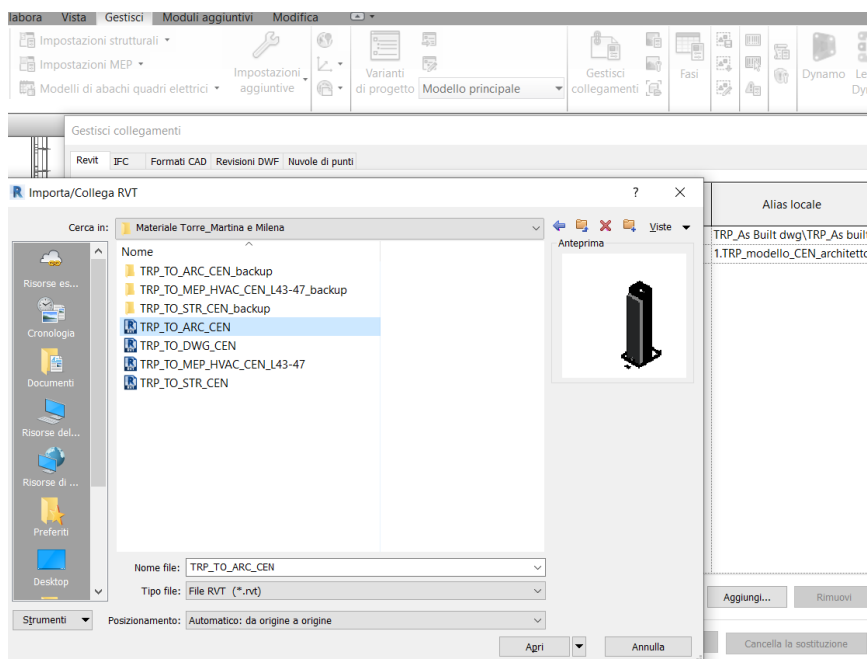


Figura 18 – Rappresentazione passaggi per collegamento files tramite link (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Una volta completato questo procedimento, occorre salvare il file creando una copia centrale ed una copia locale. La creazione di queste due versioni differenti di file è dovuta alla possibilità così di poter lavorare contemporaneamente ad altri colleghi operanti in altre discipline del progetto, intervenendo tutti nei rispettivi file locali e collegandoli ad un medesimo file centrale, esso potrà visualizzare ed interrogare tutti gli elementi di tutte le discipline. In questo modo sarà molto più semplice verificare la correttezza globale del progetto ed individuare interferenze tra componenti di discipline diverse. Nello specifico bisogna prima creare il file centrale, andando su *salva con nome*, selezionare l'opzione *progetto, opzioni* e poi spuntare la cella con scritto *assegna come modello centrale dopo il salvataggio*.

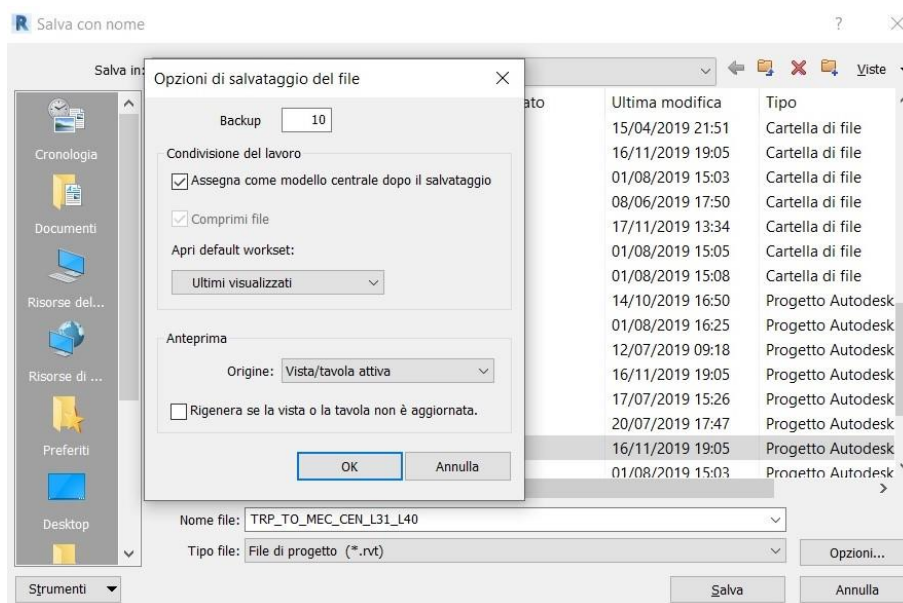


Figura 19 – Rappresentazione passaggi creazione file centrale (Immagine da elaborato Revit tesi)

A questo punto si è creato il file centrale ed è sufficiente eseguire una copia del presente file, rinominarlo in modo corretto come file locale, aprirlo, cliccare sull'icona *sincronizza e modifica impostazioni* e premendo il pulsante *sfoglia* si andrà a ricercare il percorso inerente al file centrale con cui si vorrà eseguire il collegamento.

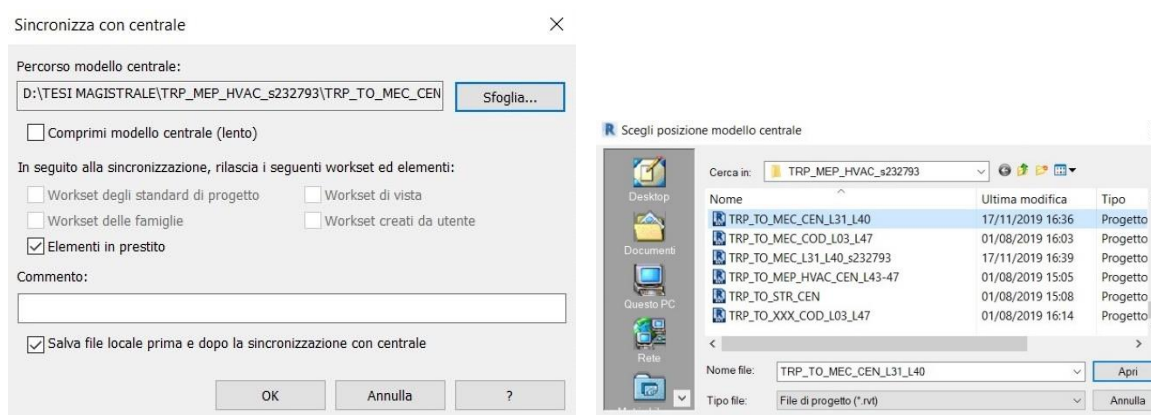


Figura 20 – Rappresentazione passaggi per sincronizzazione file locale con il rispettivo centrale (Immagine da elaborato Revit tesi)

2.3.2. Modellazione sistema idraulico

Completati i passaggi precedentemente descritti, il file locale realizzato è pronto per essere lavorato. Ogni pianta di piano è stata suddivisa in due copie aventi discipline differenti, al fine di non fare confusione durante la fase di disegno tra la componente aeraulica e quella idraulica, e per poter visualizzare in ogni copia una planimetria 2D dwg di piano.

I primi elementi modellati sono state le tubazioni idrauliche del piano L31, selezionando le tubazioni presenti e già modellate da un collega precedentemente ad un piano inferiore, copiandole ed incollandole attraverso lo strumento *allineato ai livelli selezionati*, consente di riprodurre una copia nella stessa posizione planimetrica in un piano differente.

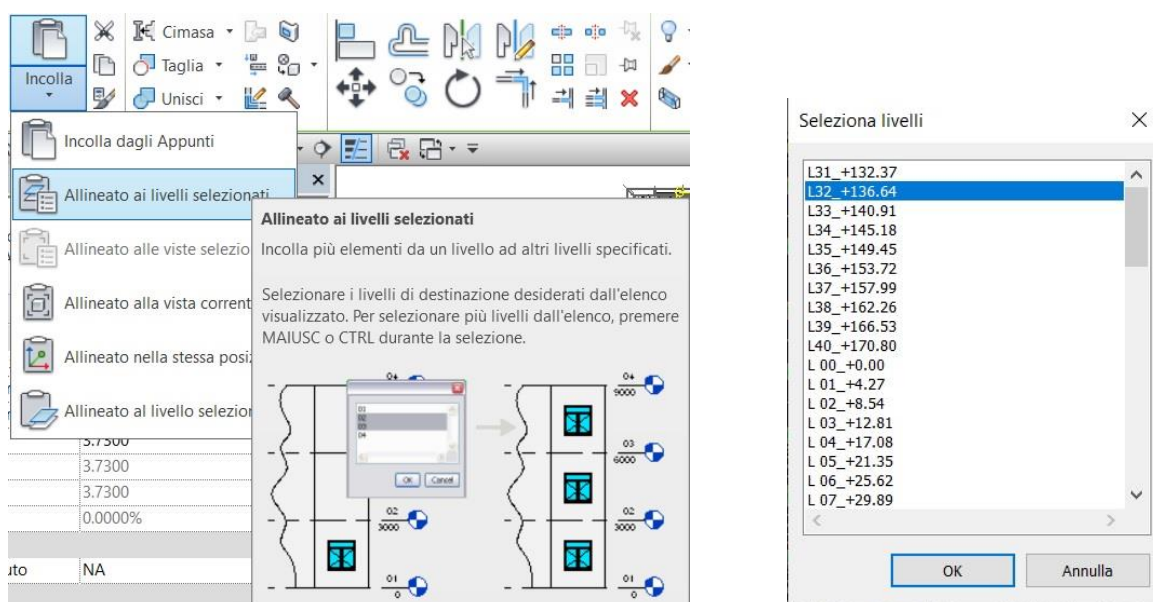


Figura 21 – Rappresentazione passaggi per copiare elementi nella stessa posizione in piani differenti
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Questa procedura è stata eseguita anche per tutti gli altri elementi di piano in quanto in linea di massima si trattava sempre di piani tipo, perciò molti componenti si ripetevano. Questa operazione di copia e incolla ovviamente non è stata sufficiente a soddisfare tutte le richieste di piano, infatti successivamente si sono rese necessarie operazioni di controllo e correzione inerenti ai diametri delle tubazioni, difformità di distribuzione del circuito principale ad anello di piano ed ispezioni sulla regolarità e coerenza nel posizionamento delle attrezzature meccaniche e pannelli radianti.

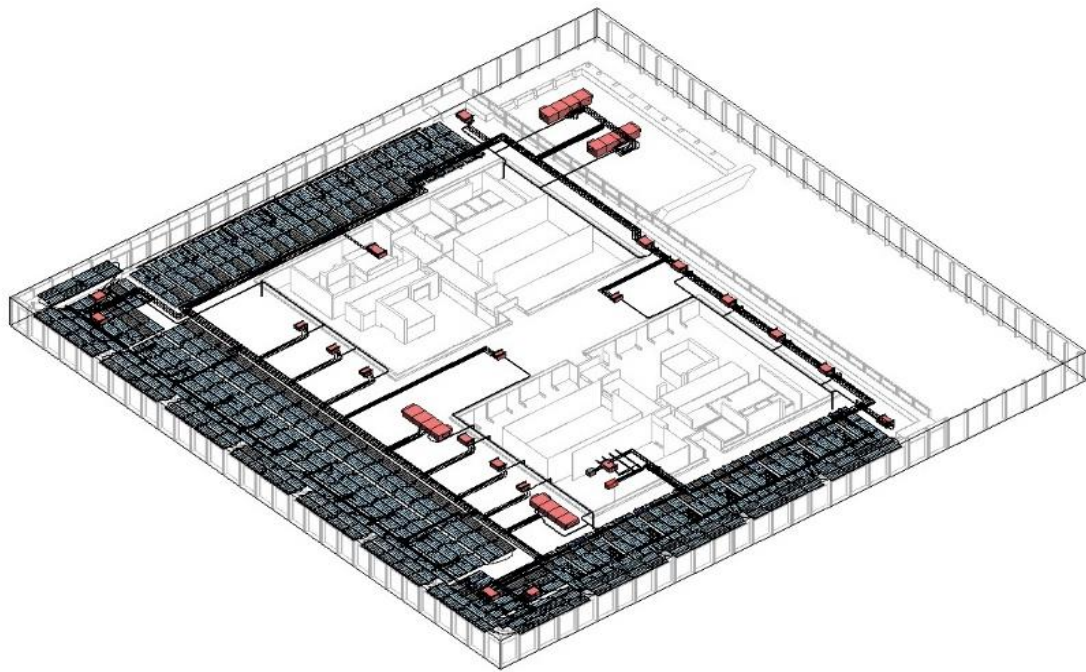


Figura 22 – Rappresentazione modellazione idraulica piano tipo (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Ad ogni componente modellato è stato associato un colore, in accordo con la linea stabilita da precedenti collaboratori, in modo da rendere qualsiasi elemento facilmente distinguibile ed individuabile a livello grafico. Nel particolare, è possibile vedere i seguenti colori :

- MARRONE: rappresentativo di quelle che sono le attrezzature meccaniche in grado di trattare il fluido aeraulico attraverso quello idraulico, come le UTA ed i vari modelli di Ventilconvettori;
- ROSSO: rappresentativo delle tubazioni attraversate dal fluido termico caldo, caratterizzate a loro volta in due rappresentazioni, quella con trasparenza indica il fluido di ritorno e quella ordinaria quello di mandata;
- BLU: rappresentativo delle tubazioni attraversate dal fluido termico freddo, anch'esso distinto mediante una trasparenza tra fluido di mandata e di ritorno;
- BIANCO: rappresentativo delle tubazioni in cui scorre acqua reflua;
- CELESTE: rappresentativo dei componenti facenti parte del circuito ad acqua miscelata.

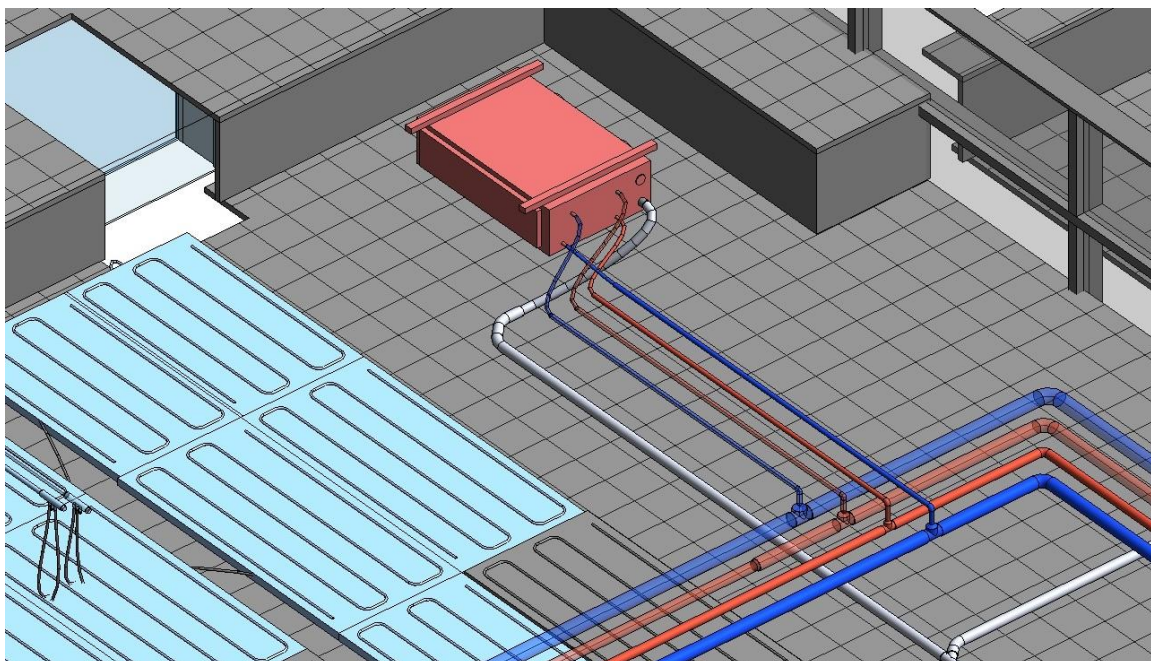


Figura 23 – Rappresentazione grafica distinzione elementi idraulici in funzione del colore assegnato
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Particolare attenzione poi è stata posta riguardo al sistema di collegamento tra ogni circuito di piano e la dorsale primaria idraulica. Risultato del sopralluogo in cantiere è stata la comprensione dell'intero funzionamento del complesso impianto costituente l'edificio Torre in complementarietà con le altre opere presenti nel lotto. Sinteticamente la componente generativa di acqua calda è situata nella centrale termica interrata comprensoriale dell'intero lotto, mentre quella dell'acqua refrigerata si svolge in compartecipazione tra la stessa centrale e dei macchinari posti esternamente all'aperto. In entrambe le componenti generative, è importante sottolineare, che le modalità di generazione dei singoli fluidi termovettori avvengono in maniera compartecipe da parte di più tipologie di generatori, aventi una gerarchizzazione di priorità di funzionamento, ma essendo così in grado di creare un sistema capace di ovviare a problematiche di richieste maggiori in certi periodi dell'anno piuttosto che in altri. Questi macchinari costituenti il sistema sono rappresentati da:

- Pompe di calore ad acqua di falda;
- Pompe di calore a sonde geotermiche;
- Macchine polivalenti ad acqua di falda;
- Macchine polivalenti ad aria;
- Chiller frigoriferi.

Da queste componenti generative le varie tubazioni arrivano fino alla centrale termica interrata Torre dove avviene la distribuzione all'interno del cavedio principale da dove a sua volta si realizza il collegamento ad ogni circuito di piano. Ogni piano a sua volta, effettua questo collegamento all'interno del cavedio posto nella centrale di piano, dove sono situati due scambiatori di calore, rispettivamente uno riguardante l'acqua calda di

impianto ed uno l'acqua fredda, e mediante i quali avviene un successivo ritrattamento termico dell'acqua prima di essere distribuita ai terminali di piano.

Dal punto di vista della modellazione, risultava importate però scegliere una metodologia operativa in modo da gerarchizzare questi collegamenti tra circuito di dorsali primarie idrauliche e circuito secondario idraulico di piano. Questa è stata stabilita attraverso l'introduzione di componenti fittizi, aventi il compito di fungere da collegamento parametrico tra i due sistemi interconnessi (le modalità di compilazione parametriche verranno descritte nei successivi paragrafi).

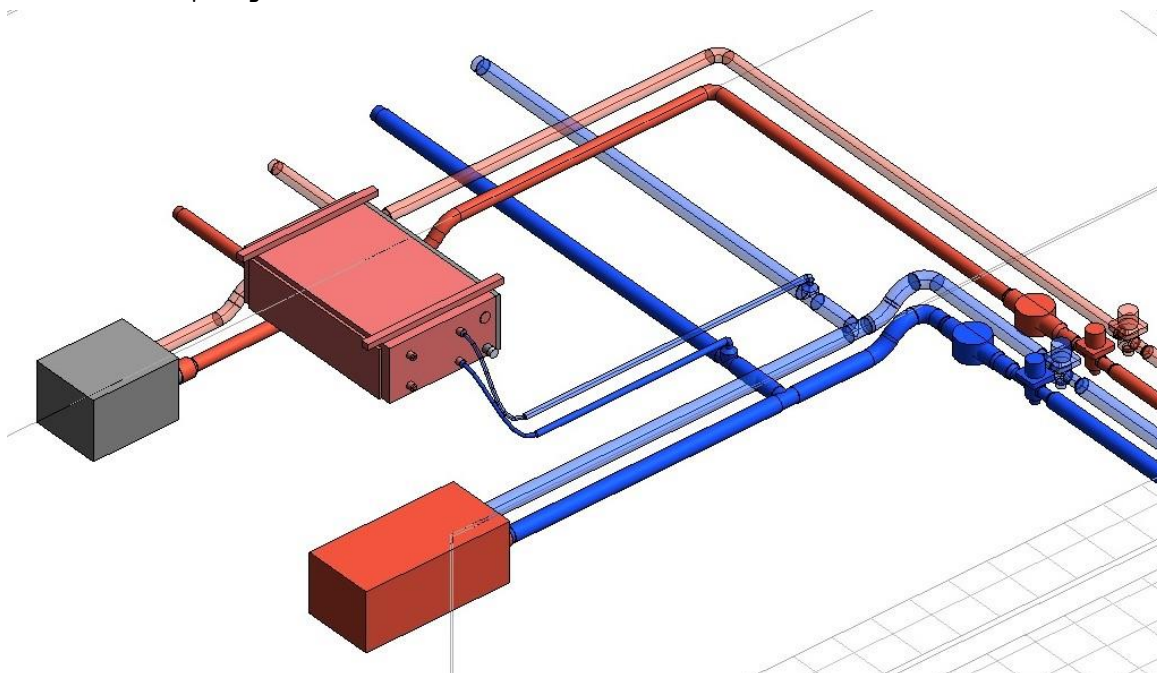


Figura 24 – Rappresentazione connessione fittizia tra circuito di piano e dorsale principale idraulica (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Altro discorso invece riguarda la nomenclatura degli elementi modellati, infatti si sono ereditati dagli altri membri del team, componenti contenenti una nomenclatura descrittiva e non propriamente tecnica. Per ovviare a tale problematica, si è deciso di adottare una codifica degli elementi in accordo con le linee guida della collega Alice Morabito, ovvero quello di creare un codice unico per ogni elemento distinguendo la codifica della famiglia con quella del tipo.

CATEGORIA			FAMIGLIA									TIPO				
Categoria	Codice categoria	Tipologia di famiglia	Progetto	Codice Progetto	Edificio	Codice Edificio	Disciplina	Codice Disciplina	Famiglia	Codice Famiglia	Nomenclatura Famiglia	Funzione	Codice Funzione	Caratteristica	Codice Caratteristica	Nomenclatura Tipo
Accessori per tubazioni	AT	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC	Collettore pannelli radianti soffitto	CA	TRP_TO_MEC_CA	Accessorio	AC	Derivazioni mandata	3M	AC_3M
									Collettore pannelli radianti soffitto	CF	TRP_TO_MEC_CF				4M	AC_4M
									Collettore pannelli radianti soffitto	CG	TRP_TO_MEC_CG				3R	AC_3R
									Collettore pannelli radianti soffitto	CH	TRP_TO_MEC_CH				4R	AC_4R
									Valvola di intercettazione	VA	TRP_TO_MEC_VA			Diametro	20	AC_20
									Valvola di sfogo	VB	TRP_TO_MEC_VB				25	AC_25
															32	AC_32
															40	AC_40
									Valvola di taratura	VC	TRP_TO_MEC_VC			Diametro	15	AC_15
									Valvola RVQ213112P	VD	TRP_TO_MEC_VD				20	AC_20
20	AC_20															
Apparecchi idraulici	AI	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC	Pompa di circolazione idraulica	PB	TRP_TO_MEC_PB	Accessorio	AC	Tipologia	AC	AC_AC
									Scambiatore di calore	SH	TRP_TO_MEC_SH				AF	AC_AF
															AC	SO_AC
															AF	SO_AF
								Griglia di ripresa aria	GA	TRP_TO_MEC_GA			Larghezza x altezza	250x150	AC_250x150	

Figura 25 – Rappresentazione codifica famiglie e tipi di ogni elemento (Immagine estratta da elaborato personale Excel)

Con questa procedura si è creata una lista degli elementi contenuti all'interno del modello .rvt classificati per categoria, famiglia e tipo. Successivamente si è attribuita una sigla univoca di due lettere che identificasse la categoria specifica (codice utilizzato per la nomenclatura degli abachi come vedremo), una composizione di sigle componenti il codice famiglia, seguendo la seguente regola:

Progetto_Edificio_Disciplina_Famiglia

ed infine il codice dei tipi è stato realizzato mediante due sigle rappresentative di due caratteristiche dell'elemento, come:

Caratteristica 1_Caratteristica 2

Tale processo di codifica è stato seguito sia per gli elementi appartenenti al sistema idraulico sia a quelli appartenenti al sistema aeraulico.

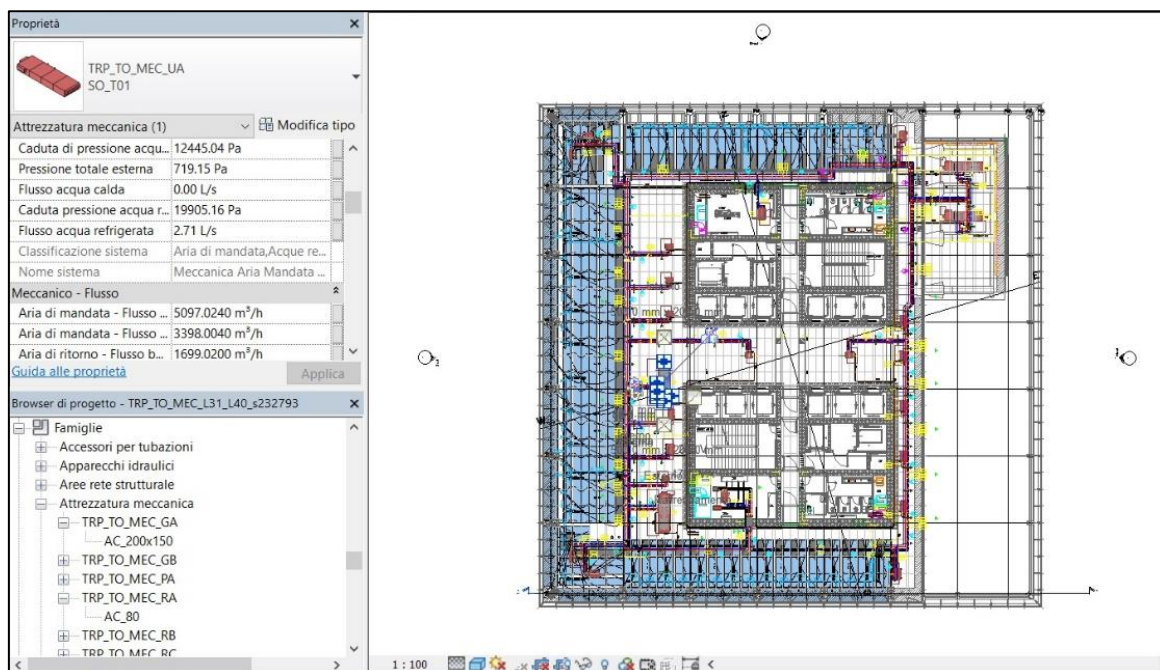


Figura 26 – Rappresentazione risultato codifica di famiglia e tipo di ogni elemento
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

2.3.3. Modellazione sistema aeraulico

La procedura di modellazione descritta per il sistema idraulico è stata seguita anche riguardo al sistema aeraulico, prestando sempre molta attenzione alle variazioni locali di piano ed apportando le dovute correzioni sfocianti anche nell'introduzione di nuove famiglie caricabili in accordo con i dati di input 2D.

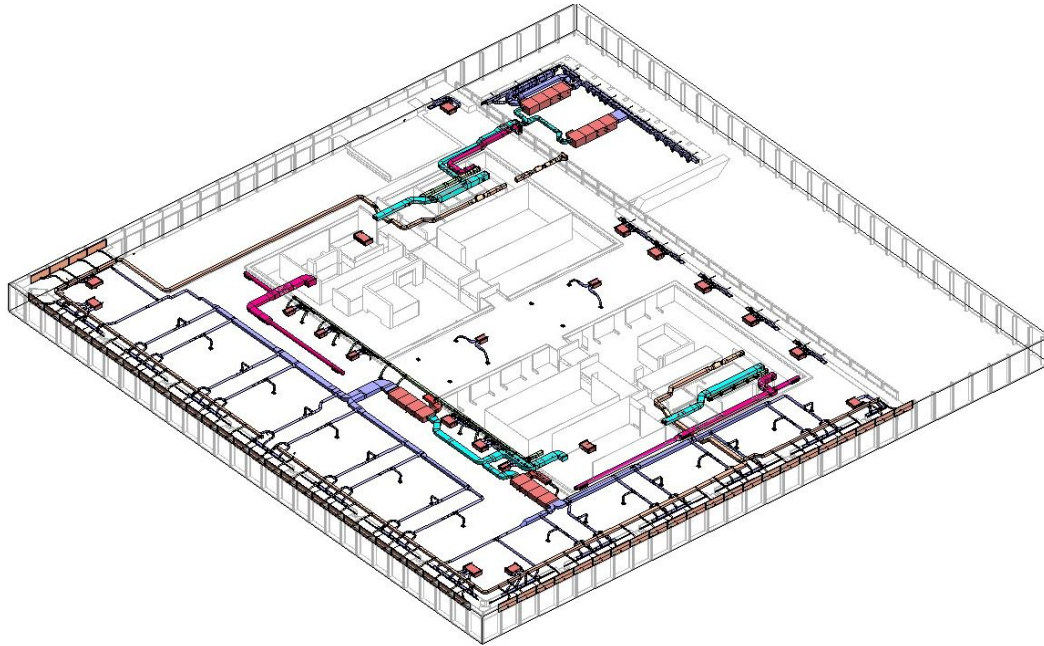


Figura 27 – Rappresentazione modellazione aeraulica piano tipo (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Anche per quanto riguarda le componenti aerauliche è stato assegnato un colore differente ad ogni sistema per permettere una rapida distinzione e caratterizzazione a livello grafico, ed i colori utilizzati sono stati:

- MARRONE: rappresenta gli stessi componenti del sistema idraulico, in quanto questi elementi fanno parte di entrambi i sistemi;
- VIOLA: rappresenta gli elementi facenti parte del sistema *aria di mandata*;
- AZZURRO: rappresenta i componenti appartenenti al sistema di aria primaria di mandata;
- FUCSIA: rappresenta gli elementi facenti parte del sistema di *estrazione fumi*;
- ARANCIONE: rappresenta gli elementi facenti parte del sistema di *aria di ripresa facciata*;
- VERDE: rappresenta i componenti costituenti il sistema di *estrazione aria wc_fumatori*;

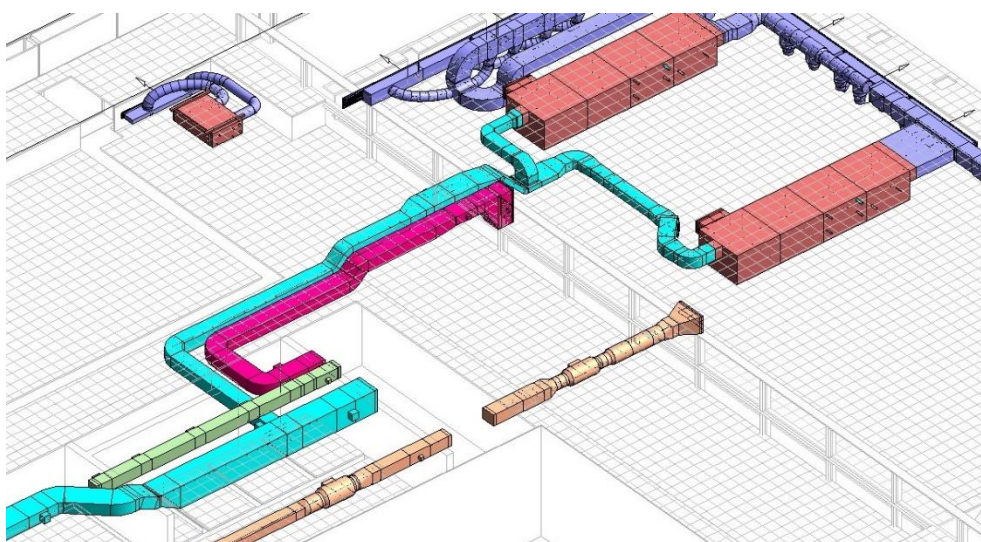


Figura 28 – Rappresentazione grafica distinzione elementi aeraulici in funzione del colore assegnato e connessione tra sistema distributivo di piano e dorsale distributiva primaria mediante elementi fittizi (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Particolare attenzione anche in questo caso è stata posta alla comprensione dello sviluppo del sistema impiantistico ad aria, infatti la visita in cantiere non ha permesso un sopralluogo diretto per visionare le due grandi unità di trattamento aria poste negli ultimi piani dell'edificio al di sotto dell'area verde in copertura, ma ci è stato illustrato approssimativamente dall'ingegnere responsabile, nello specifico solo il sistema di mandata. L'acqua termica proveniente dai rispettivi piani inferiori in cui avviene la generazione, sia del fluido termovettore caldo che freddo, sale attraverso i cavedi principali (descritti nel paragrafo precedente) fino ai piani in cui sono locate le varie UTA, distinte in funzione del compito che devono svolgere, le quali attraverso tale fluido termovettore effettuano il primo trattamento dell'aria di mandata (*mandata aria primaria*), la quale poi viene spinta all'interno delle condotte montanti costituenti la dorsale aeraulica e distribuite ai vari piani dove avviene un secondo trattamento passando per le singole UTA di piano. Nello specifico, come abbiamo già detto, sono presenti due unità di trattamento aria che effettuano il trattamento di aria primaria, una serve infatti l'area nord ed una l'area sud, passando per due dei quattro cavedi aeraulici presenti ad ogni piano.

Come per il sistema idraulico, anche per quello aeraulico, è stato importante stabilire una strategia di gerarchizzazione tra i vari componenti e sistemi. La soluzione intrapresa è stata la medesima, ovvero mediante l'utilizzo di un componente fittizio avente il compito esclusivo di fungere da connettore tra il sistema distributivo primario che si sviluppa nei cavedi mediante dorsali aerauliche e i vari sistemi secondari di piano.

2.3.4. Gestione del browser di sistema e controllo delle disconnessioni

La fase di modellazione geometrica dei componenti dei vari sistemi non è stata eseguita in maniera puramente disorganizzata, ma è stata prestata particolare attenzione affinché ogni componente collegato con quello adiacente facesse parte di un sistema gerarchizzato ed interconnesso. Per realizzare questo procedimento si è utilizzato il *Browser di sistema*, strumento a disposizione del software Revit 2017, che consente, grazie alla preimpostazione eseguita dai collaboratori precedenti del team, di classificare ogni sistema in funzione del proprio nome di sistema mediante una perfetta connessione tra i componenti. Requisito principale per realizzare ciò è verificare l'avvenimento di un corretto collegamento tra componenti, e tale procedura si è resa possibile inizialmente mediante lo strumento *mostra disconnessioni* che si trova nella sezione *analisi* del dispositivo BIM. Una volta cliccato lo strumento si visualizzano delle opzioni da shiftare, e selezionando le componenti *condotto* e *tubazione* è possibile visualizzare quelli che sono gli errori di disconnessione tra componenti.

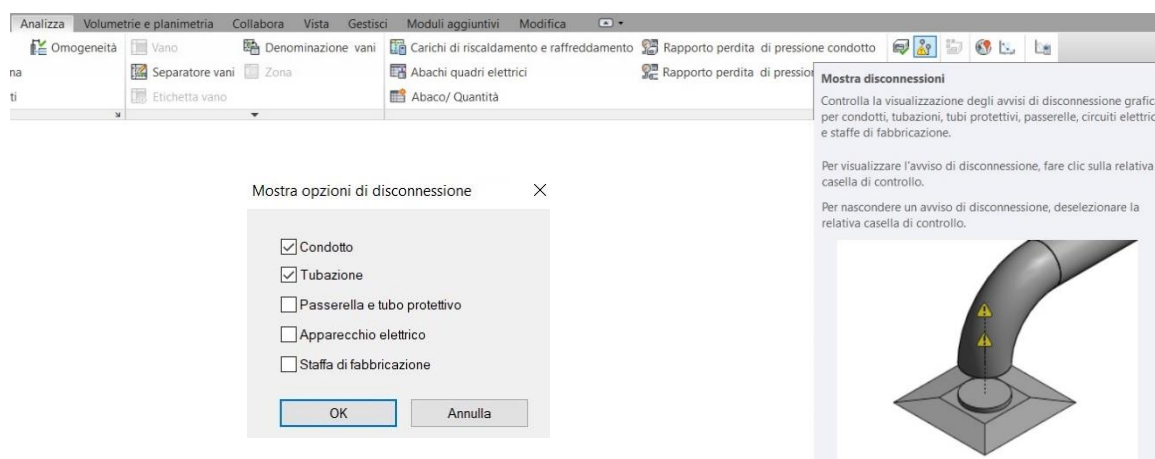


Figura 29 – Rappresentazione passaggi verifica disconnessioni tra componenti
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

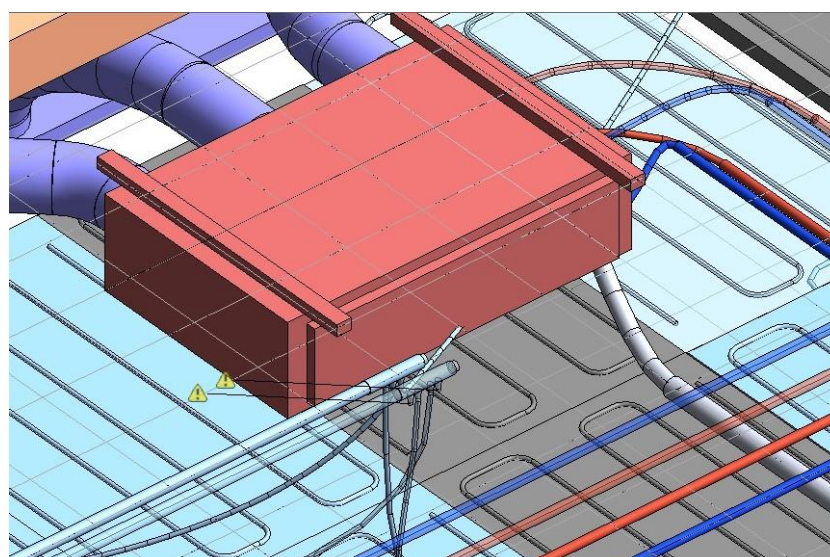


Figura 30 – Rappresentazione errore di disconnessione tra componenti
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Una volta rilevati e risolti tutti i problemi di disconnessione tra elementi di sistema è stata eseguita un'ulteriore verifica per determinare l'esatto e veritiero collegamento tra componenti, ovvero attraverso la distinzione in elementi *assegnati* ed elementi *non assegnati* eseguita dal browser di sistema per le varie classi di sistema come precedentemente illustrato.

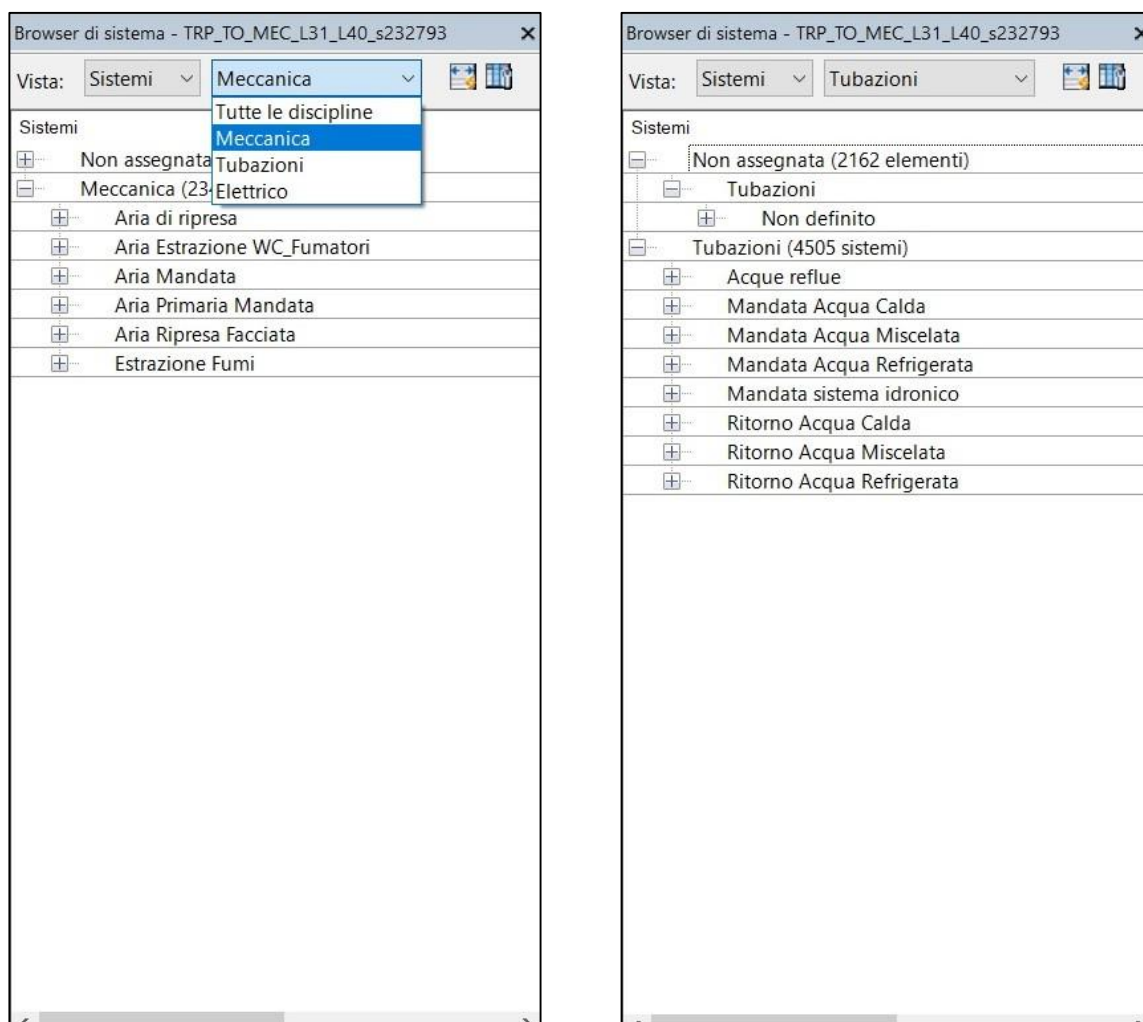


Figura 31 – Rappresentazione passaggi per visualizzazione elementi non assegnati tramite Browser di sistema (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Una volta visualizzati tutti gli elementi ricadenti nella sezione elementi non assegnati, è stato possibile selezionarli e visualizzarli graficamente, in modo da poterli individuare in senso univoco ed eseguire nuovamente la connessione con gli elementi adiacenti in modo da effettuare così il passaggio automatico alla lista di elementi assegnati ricadendo nello specifico della personale lista di sistema.

Completata questa procedura e rendendo nulli gli elementi all'interno della lista non assegnati si è sicuri di aver eseguito una corretta gerarchizzazione ed interconnessione tra i componenti dei vari sistemi.

2.4. Allineamento standard parametrici

Step importante per l'intero percorso di tesi è stata la fase di allineamento a tutti gli standard parametrici che erano stati stabiliti in precedenza dalla collega del team Alice Morabito, la quale nel suo elaborato di tesi, si era anche interessata a definire un linguaggio parametrico comune con cui valorizzare tutte le istanze appartenenti a tutte le categorie di elementi in gioco, al fine di permettere la realizzazione di files .rvt appartenenti a discipline differenti ma interoperabili.

Questo primo gruppo di parametri standardizzati, riguardava un set di nove *parametri condivisi*, costituiti da tutti parametri di *testo*, di cui cinque erano parametri di *tipo* e quattro di *istanza* ed ognuno di essi doveva essere raggruppato sotto la sezione *generale*.

Parametro	Disciplina	Tipo di parametro	Tipo/Istanza	Raggruppato in	Applicato a
Classi di unità tecnologiche	Comune	Testo	Tipo	Generale	Tutte le categorie di modello
Unità tecnologiche		Testo	Tipo		
Classi di elementi tecnici		Testo	Tipo		
Codiche MasterFormat		Testo	Tipo		
Titolo MasterFormat		Testo	Tipo		
Identificativo		Testo	Istanza		
Codice esistente		Testo	Istanza		
Affidabilità		Testo	Istanza		
Sottodisciplina		Testo	Istanza		Viste

Tabella 2 - Rappresentazione elenco nove parametri condivisi
(Tabella elaborato personale da tesi Alice Morabito)

Nello specifico questi parametri riguardano:

- CLASSI DI UNITÁ TECNOLOGICHE, UNITÁ TECNOLOGICHE E CLASSI DI ELEMENTI TECNICI**
 Sono parametri che fanno riferimento alla norma UNI 8290 e descrivono la classificazione ed articolazione del sistema tecnologico, in base alla funzione che ogni elemento svolge all'interno di quello che è l'organismo edilizio nel suo complesso. Questa descrizione avviene in base a tre gradi gerarchici con i quali appunto viene scomposto.
- CODICE MASTERFORMAT E TITOLO MASTERFORMAT**
 rappresentano parametri che descrivono le pratiche costruttive degli elementi. Questi parametri sono stati compilati andando a ricercare le descrizioni più corrette tra quelle presenti nell'elenco delle CSI CODE, in modo da caratterizzare ancora più nel dettaglio la descrizione dei componenti del sistema.

- IDENTIFICATIVO

Il presente codice ha la peculiarità di caratterizzare in modo univoco ogni istanza presente all'interno del modello BIM. La compilazione di tale parametro è stata eseguita in linea con le direttive indicate nella tesi della collega, seguendo il criterio:

Famiglia_Tipo_Livello_Numero progressivo

- CODICE ESISTENTE

Tale parametro è stato creato per realizzare un collegamento tra i documenti di input CAD 2D e gli elementi facenti parte del modello BIM. Infatti questo parametro richiede la compilazione solo nel caso in cui si trovasse qualche codice negli elaborati bidimensionali che si vuole mantenere all'interno del progetto e non andare perduto nel passaggio CAD/BIM, permettendo così coerenza di lettura ed interoperabilità tra i due sistemi digitali. Nel caso in cui non ci fosse nessun codice esistente da segnare, il codice dovrà comunque essere compilato con il termine NA che sta ad indicare *Non Applicabile*.

- AFFIDABILITÀ

Il parametro di affidabilità è rappresentativo del livello di sicurezza sulla veridicità dei dati o informazioni che abbiamo a disposizione. In altre parole, è un parametro valutativo sull'attendibilità della correttezza informativa di un determinato elemento, infatti si basa su una scala di tre livelli di affidabilità definiti mediante un valore numerico:

1 – misure in sito

2 – misure da file 2D o documenti

3 – nessuna indicazione

- SOTTODISCIPLINA

L'ultimo parametro condiviso è rappresentato dall'unico parametro da non applicare agli elementi facenti parte del modello ma da applicare alle viste. La distinzione eseguita è stata strutturata in base alle discipline trattate in:

- ACQ rappresentativa di quelle viste aventi come oggetto i componenti idraulici;
- ARI rappresentativa di quelle viste aventi come oggetto i componenti aeraulici;

Le modalità di compilazione utilizzate di tali parametri condivisi verranno illustrate nei successivi paragrafi, ma la visualizzazione della corretta compilazione è stata eseguita mediante la creazione di *abachi di quantità* per ogni categoria di elementi presenti nel modello, suddividendoli a loro volta in due copie, la prima identificativa di tutte le istanze appartenenti alla singola categoria, la seconda identificativa di tutti i tipi. Questa distinzione risulta importante per l'evidenziazione di tutti i parametri compilati nella versione ad istanze e per la rilevazione del numero di elementi nella versione a tipi attraverso l'inserimento del parametro *conteggio*. Tali procedimenti sono stati resi possibili attraverso l'assetto di visualizzazione *dell'ordinamento/raggruppamento* mediante *livello, famiglia e tipo*.

Proprietà abaco

Campi Filtro Ordinamento/Raggruppamento Formattazione Aspetto

Ordina per: ☒ Ascendente ☐ Discendente

☒ Intestazione ☐ Piè di pagina: ☒ Riga vuota

Quindi per: ☒ Ascendente ☐ Discendente

☐ Intestazione ☐ Piè di pagina: ☐ Riga vuota

Quindi per: ☒ Ascendente ☐ Discendente

☐ Intestazione ☐ Piè di pagina: ☐ Riga vuota

Quindi per: ☒ Ascendente ☐ Discendente

☐ Intestazione ☐ Piè di pagina: ☐ Riga vuota

☒ Calcola totale:

☒ Elenca ogni istanza

OK Annulla ?

Figura 32 – Rappresentazione modalità di compilazione sezione ordinamento dell'abaco
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

<RC_SCHEDULE_ELENCO PER ISTANZA>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Famiglia	Tipo	Livello	Classi di Unità Tecnologiche	Unità Tecnologiche	Classi di Elementi Tecnici	Codice MasterFormat	Titolo MasterFormat	Affidabilità	Identificativo	Codice esistente	Sottodisciplina	Conteggio
L31_+132.37												
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00001	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00002	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00003	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00004	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00005	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00006	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00007	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00008	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00009	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00010	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00011	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L31_00012	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_CB_RA_200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CB_RA_200_L31_00001	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_CB_RA_200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CB_RA_200_L31_00002	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_CB_RA_250	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CB_RA_250_L31_00001	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_CB_RA_250	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CB_RA_250_L31_00002	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_CB_RA_250	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CB_RA_250_L31_00003	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_CB_RA_250	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CB_RA_250_L31_00004	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_CC_RA_150x100	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CC_RA_150x100_L31_00001	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_CC_RA_300x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CC_RA_300x200_L31_00001	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_CC_RA_450x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CC_RA_450x200_L31_00001	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_CC_RA_450x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CC_RA_450x200_L31_00002	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_CC_RA_450x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CC_RA_450x200_L31_00003	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_DH_RA_450x300	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_DH_RA_450x300_L31_00001	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_DH_RA_450x300	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_DH_RA_450x300_L31_00002	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_DH_RA_450x300	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_DH_RA_450x300_L31_00003	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_DH_RA_873x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_DH_RA_873x200_L31_00001	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_GC_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_GC_RA_VAR_L31_00001	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_GC_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_GC_RA_VAR_L31_00002	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_GC_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_GC_RA_VAR_L31_00003	NA	ARI	1	
TRP_TO_MEC_GC_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_GC_RA_VAR_L31_00004	NA	ARI	1	

<

>

Figura 33 – Rappresentazione abaco per istanza per visualizzazione corretta compilazione parametri condivisi (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

<RC_SCHEDULE_ELENCO PER TIPO>												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Famiglia	Tipo	Livello	Classi di Unità Tecnologiche	Unità Tecnologiche	Classi di Elementi Tecnici	Codice MasterFormat	Titolo MasterFormat	Affidabilità	Identificativo	Codice esistente	Sottodisciplina	Conteggio
L31_+132.37												
TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	10 22 00	Partitions	2			NA	ARI	12
TRP_TO_MEC_CB_RA_200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	2
TRP_TO_MEC_CB_RA_250	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	4
TRP_TO_MEC_CC_RA_150x100	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CC_RA_150x100_L31_00001		NA	ARI	1
TRP_TO_MEC_CC_RA_300x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_CC_RA_300x200_L31_00001		NA	ARI	1
TRP_TO_MEC_CC_RA_450x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	3
TRP_TO_MEC_DH_RA_450x300	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	3
TRP_TO_MEC_DH_RA_873x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_DH_RA_873x200_L31_00001		NA	ARI	1
TRP_TO_MEC_GC_RA_VAR	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	50
TRP_TO_MEC_GD_RA_150x150	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	5
TRP_TO_MEC_GE_RA_150x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	13
TRP_TO_MEC_GE_RA_200x300	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_GE_RA_200x300_L31_00001		NA	ARI	1
TRP_TO_MEC_GE_RA_300x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	3
TRP_TO_MEC_GF_RA_300x150	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_GF_RA_300x150_L31_00001		NA	ARI	1
TRP_TO_MEC_RF_RA_450x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_RF_RA_450x200_L31_00001		NA	ARI	1
TRP_TO_MEC_RG_RA_200x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	15
TRP_TO_MEC_RH_RA_125	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	18
TRP_TO_MEC_RI_RA_150	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	20
TRP_TO_MEC_RI_RA_200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	4
TRP_TO_MEC_RI_RA_250	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	3
TRP_TO_MEC_RJ_RA_600x150	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	4
TRP_TO_MEC_RK_RA_400x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	82
TRP_TO_MEC_RL_RA_300x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	4
TRP_TO_MEC_RM_RA_250x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_RM_RA_250x200_L31_00001		NA	ARI	1
TRP_TO_MEC_RN_RA_T2	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_RN_RA_T2_L31_00001		NA	ARI	1
TRP_TO_MEC_RO_RA_150x150	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	2
TRP_TO_MEC_RP_RA_500x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2			NA	ARI	2
TRP_TO_MEC_RP_RA_150x150	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_RP_RA_150x150_L31_00001		NA	ARI	1
TRP_TO_MEC_RP_RA_300x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_RP_RA_300x200_L31_00001		NA	ARI	1
TRP_TO_MEC_RP_RA_450x200	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_RP_RA_450x200_L31_00001		NA	ARI	1
TRP_TO_MEC_RP_RA_600x400	L31_+132.37	5	5.1	5.1.4	23 31 13 19	Metal Duct Fittings	2	TRP_TO_MEC_RP_RA_600x400_L31_00001		NA	ARI	1

Figura 34 – Rappresentazione abaco per tipo per visualizzazione numero elementi presenti per ogni tipo
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

2.5. Modelli di coordinamento

2.5.1. Aggiornamento codifica files

Come già ripetuto più volte, uno dei requisiti di maggior prestigio della metodologia BIM è rappresentato dalla possibilità di poter cooperare contemporaneamente senza nessun rischio di limitazioni da parte di tutti gli attori presenti nel processo edilizio.

Queste informazioni sono già state da quando abbiamo parlato di file locali e file centrali, e della possibilità di poter connettere e visualizzare tutti i files dei vari attori delle varie discipline in un unico file centrale. Questa è stata una prima descrizione delle modalità di coordinamento tra modelli differenti.

Un'altra modalità di realizzazione del coordinamento è quella di utilizzare un file .rvt vuoto e linkarci all'interno tutti i file Revit appartenenti alle varie discipline che si vuole.

Anche per l'esecuzione di tale procedura si sono seguite le linee guida tracciate dalla collega Alice Morabito nel suo trattato, ma si sono evidenziate delle criticità nella modalità con cui eseguire la codifica dei files di coordinamento.

Progetto_Edificio_Disciplina_Tipologia_Livello iniziale_Livello finale

Campo	Contenuto	Alternative	Codice
Progetto	3 lettere alfabetiche maiuscole	Torre Regione Piemonte	TRP
Edificio	2 lettere alfabetiche maiuscole	Torre	TO
		Centro Servizi	CS
		Interrati Torre	IT
		Interrati Parcheggio	IP
Disciplina	3 lettere alfabetiche maiuscole	Architettonico	ARC
		Strutturale	STR
		Meccanica	MEC
		Elettrica	ELE
		Idricosanitario	IDR
		Antincendio	ANT
		Reti fluidiche	RFL
		Impianto di irrigazione	IDI
		Geotermico	GEO
		Coordinamento	COO
Tipologia	3 lettere alfabetiche maiuscole	Centrale	CEN
		Onnicomprensivo	ONN
		Files cad	CAD
		Nuvola di punti	NDP
Livello iniziale	3 lettere alfanumeriche	Da -03 a 47	LXX
Livello finale	3 lettere alfanumeriche	Da -03 a 47	LXX

Figura 35 - Tabella codifica files (Immagine estratta da elaborato tesi Alice Morabito)

Più nel dettaglio, si è riscontrata una difficoltà nella nomenclatura di tutte le combinazioni di files di coordinamento che si potevano generare attraverso l'associazione delle varie discipline interessate. Per ovviare a tale criticità si è elaborata una proposta eseguendo dei calcoli su foglio Excel come visibile in figura:

Progetto_Edificio_Disciplina_Tipologia_Livello iniziale_Livello finale			
Campo	Contenuto	Alternative	Codice
Progetto	3 lettere alfabetiche maiuscole	Torre Regione Piemonte	TRP
Edificio	2 lettere alfabetiche maiuscole	Torre	TO
		Centro Servizi	CS
		Interrati Torre	IT
		Interrati Parcheggio	IP
		Coordinamento totale siti	CT
		Coordinamento multi siti	CX
Disciplina	3 lettere alfabetiche maiuscole	Architettonico	ARC
		Strutturale	STR
		Meccanica	MEC
		Elettrica	ELE
		Idricosanitario	IDR
		Antincendio	ANT
		Reti Fluidiche	RFL
		Impianto di Irrigazione	IDI
		Geotermico	GEO
		Coordinamento globale discipline	COG
		Coordinamento interdisciplinare	XXX
		Coordinamento disciplinare	COD
Tipologia	3 lettere alfabetiche maiuscole	Centrale	CEN
		Onnicomprensivo	ONN
		Files cad	CAD
		Nuvola di punti	NDP
Livello iniziale	3 lettere alfanumeriche	Da -03 a 47	LXX
Livello finale	3 lettere alfanumeriche	Da -03 a 47	LXX

Tabella 3 – Rappresentazione aggiornamento codifica files (Elaborato personale)

N° Combinazioni tra 2 siti 6	Coordinamento di 2 siti						
	Siti Codice	TO+CS CA	TO+IT CB	TO+IP CC	CS+IT CD	CS+IP CE	IT+IP CF
N° Combinazioni tra 3 siti 4	Coordinamento di 3 siti						
	Siti Codice	TO+CS+IT CG	TO+CS+IP CH	CS+IT+IP CI	TO+IT+IP CL		

Figura 37 - Rappresentazione combinazioni codici di coordinamento campo edificio (Immagine estratta da foglio di calcolo personale Excel)

N° Combinazioni tra 2 discipline 36	Coordinamento di 2 discipline							
	Discipline Codice	ARC+STR 001	ARC+MEC 002	ARC+ELE 003	ARC+IDR 004	ARC+ANT 005	ARC+RFL 006	
N° Combinazioni tra 3 discipline 84	Coordinamento di 3 discipline							
	Discipline Codice	ARC+STR+MEC 037	ARC+STR+ELE 038	ARC+STR+IDR 039	ARC+STR+ANT 040	ARC+STR+RFL 041	ARC+STR+IDI 042	
N° Combinazioni tra 4 discipline 126	Coordinamento di 4 discipline							
	Discipline Codice	ARC+STR+MEC+ELE 121	ARC+STR+MEC+IDR 122	ARC+STR+MEC+ANT 123	ARC+STR+MEC+RFL 124	ARC+STR+MEC+IDI 125	ARC+STR+MEC+GEO 126	
N° Combinazioni tra 5 discipline 126	Coordinamento di 5 discipline							
	Discipline Codice	ARC+STR+MEC+ELE+IDR 247	ARC+STR+MEC+ELE+ANT 248	ARC+STR+MEC+ELE+RFL 249	ARC+STR+MEC+ELE+IDI 250	ARC+STR+MEC+ELE+GEO 251	STR+MEC+ELE+IDR+ANT 252	
N° Combinazioni tra 6 discipline 84	Coordinamento di 6 discipline							
	Discipline Codice	ARC+STR+MEC+ELE+IDR+ANT 373	ARC+STR+MEC+ELE+IDR+RFL 374	ARC+STR+MEC+ELE+IDR+IDI 375	ARC+STR+MEC+ELE+IDR+GEO 376	STR+MEC+ELE+IDR+ANT+RFL 377	STR+MEC+ELE+IDR+ANT+IDI 378	
N° Combinazioni tra 7 discipline 36	Coordinamento di 7 discipline							
	Discipline Codice	ARC+STR+MEC+ELE+IDR+ANT+RFL 457	ARC+STR+MEC+ELE+IDR+ANT+IDI 458	ARC+STR+MEC+ELE+IDR+ANT+GEO 459	STR+MEC+ELE+IDR+ANT+RFL+IDI 460	STR+MEC+ELE+IDR+ANT+RFL+GEO 461	MEC+ELE+IDR+ANT+RFL+IDI+GEO 462	
N° Combinazioni tra 8 discipline 9	Coordinamento di 8 discipline							
	Discipline Codice	ARC+STR+MEC+ELE+IDR+ANT+RFL+IDI 493	ARC+STR+MEC+ELE+IDR+ANT+RFL+GEO 494	STR+MEC+ELE+IDR+ANT+RFL+IDI+GEO 495	ARC+MEC+ELE+IDR+ANT+RFL+IDI+GEO 496	ARC+STR+ELE+IDR+ANT+RFL+IDI+GEO 497	ARC+STR+MEC+IDR+ANT+RFL+IDI+GEO 498	

Figura 36 - Rappresentazione calcolo e parte delle combinazioni dei codici di coordinamento campo disciplina (Immagine estratta da foglio di calcolo personale Excel)

In altre parole, non era sufficiente inserire solo un codice di coordinamento tra le voci delle discipline, in quanto in questa soluzione non era in grado di ricoprire tutte le casistiche di associazione realizzabili. Per questo motivo, prima di tutto è stato inserito un codice di *coordinamento disciplinare* all'interno del campo tipologico, in modo da poter subito riconoscere la tipologia di file in questione. Risolta in questo modo la tematica del coordinamento monodisciplinare, si è poi scomposto il codice già presente all'interno del campo disciplinare in due voci, la prima in grado di soddisfare le molteplici combinazioni disciplinari eseguibili, infatti si è deciso di rappresentare questa voce con tre numeri, in quanto la somma totale delle combinazioni valutate supera le 500 combinazioni, per ciò, al fine di mantenere rigore alle regole stabilite nella tesi della collega, ovvero quella di mantenere tre cifre alfanumeriche, si è stati costretti ad adottare questa soluzione. La seconda voce del campo disciplinare è stata introdotta invece per coprire la casistica in cui si desidera eseguire il coordinamento di tutte le discipline in gioco contemporaneamente. Infine si è inserita una coppia nuova di codifiche anche nel campo edificio, in quanto come prospettive future si verificherà anche l'esigenza di eseguire sia coordinamenti multi siti che il coordinamento globale tra tutti gli edifici presenti nel lotto in esame.

2.5.2. Elaborato di coordinamento multidisciplinare

Una volta aggiornate e verificate le modalità di codifica dei files di coordinamento si è passati alla realizzazione vera e propria degli elaborati. Obiettivo primario è stato l'esecuzione di un file di coordinamento per ogni livello di coordinamento definito in base alla nomenclatura dei files e la verifica che non avvenisse la perdita di informazioni tra diversi passaggi di files di coordinamento linkati all'interno di altri file di coordinamento. Nel particolare, si è creato un file di coordinamento monodisciplinare riguardante la disciplina meccanica, attraverso il collegamento di elaborati di altri colleghi con quello oggetto della presente tesi. Si è aperto un file .rvt vuoto, si è andati sulla sezione *gestisci, gestisci collegamenti, aggiungi* e si è selezionato il file con cui si vuole effettuare il collegamento. Tale operazione è stata ripetuta per tutti i files desiderati, prestando particolare attenzione alla scelta del posizionamento automatico a coordinate condivise dopo aver ripetuto la procedura di acquisizione illustrata nei paragrafi precedenti.

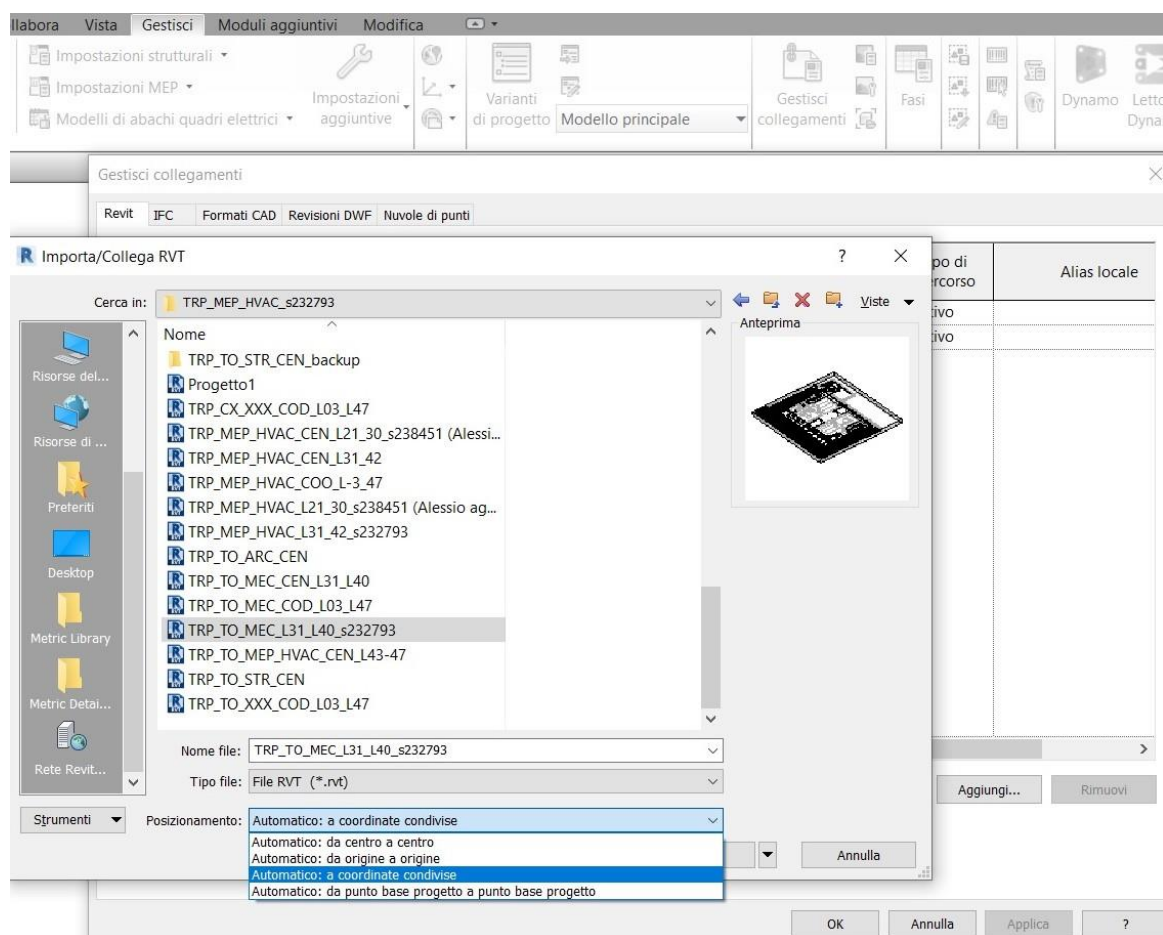


Figura 38 – Rappresentazione iter procedurale collegamento file
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi di coordinamento)

Successivamente, si è prestata attenzione alla valutazione corretta riguardante la scelta del *tipo di riferimento*. In accordo con le linee guida seguite si è scelta l'opzione *associazione*, in quanto nel file del presente trattato riguardante la distribuzione HVAC

dell'intervallo di piano da L31 a L40, era già collegato a sua volta un file .rvt riguardante la disciplina architettonica avente un tipo di riferimento con *sovrapposizione* e tale modello non è stato riportato nel presente file di coordinamento.

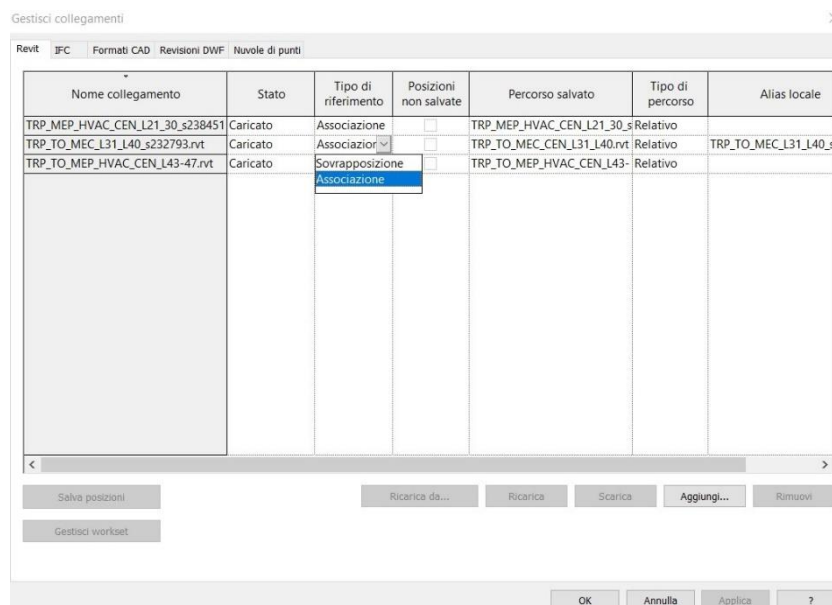


Figura 39 – Rappresentazione scelta oculata del tipo di riferimento
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi di coordinamento)

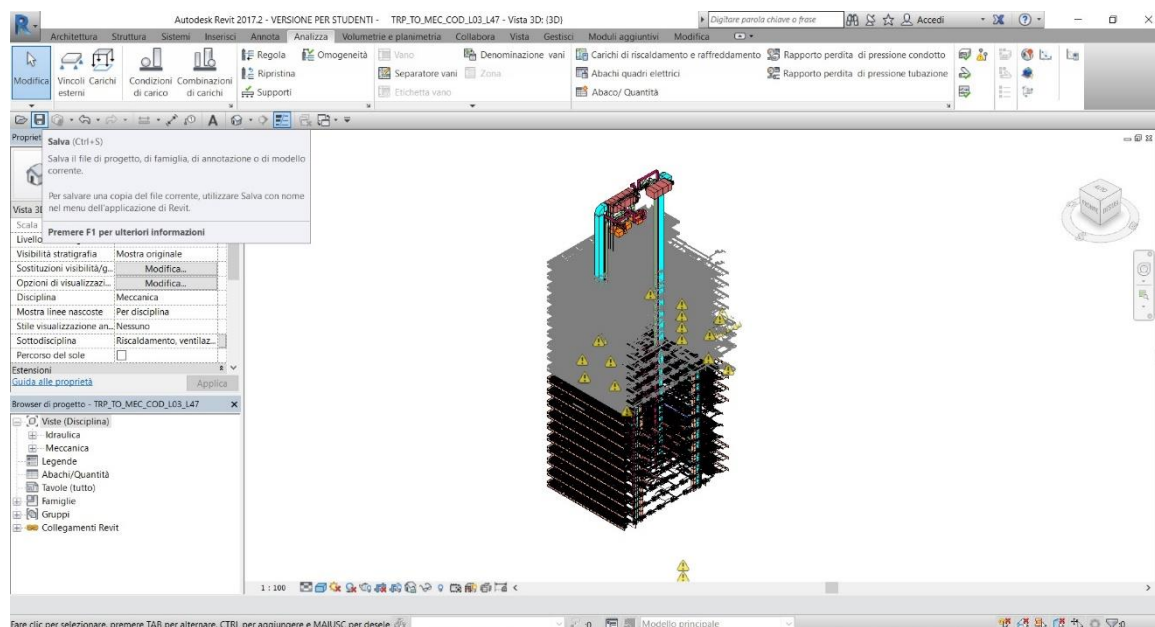


Figura 40 – Rappresentazione file di coordinamento monodisciplinare
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi di coordinamento)

In seguito si sono effettuati i medesimi passaggi per i due successivi livelli di coordinamento e non si hanno avute perdite di informazione tra il livello precedentemente e quello successivo.

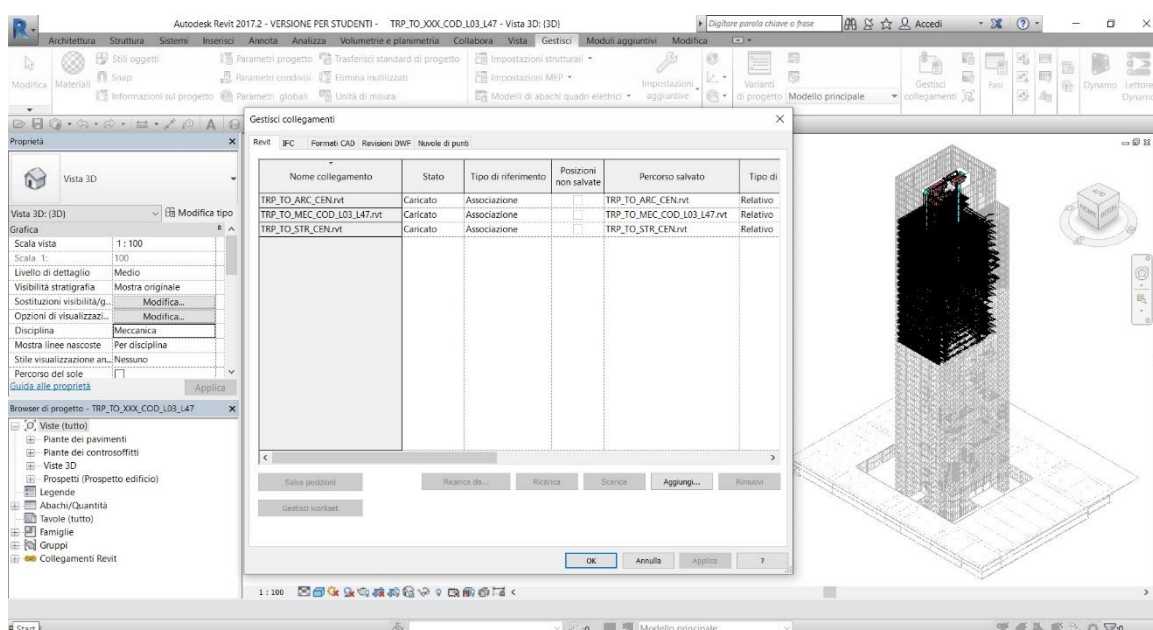
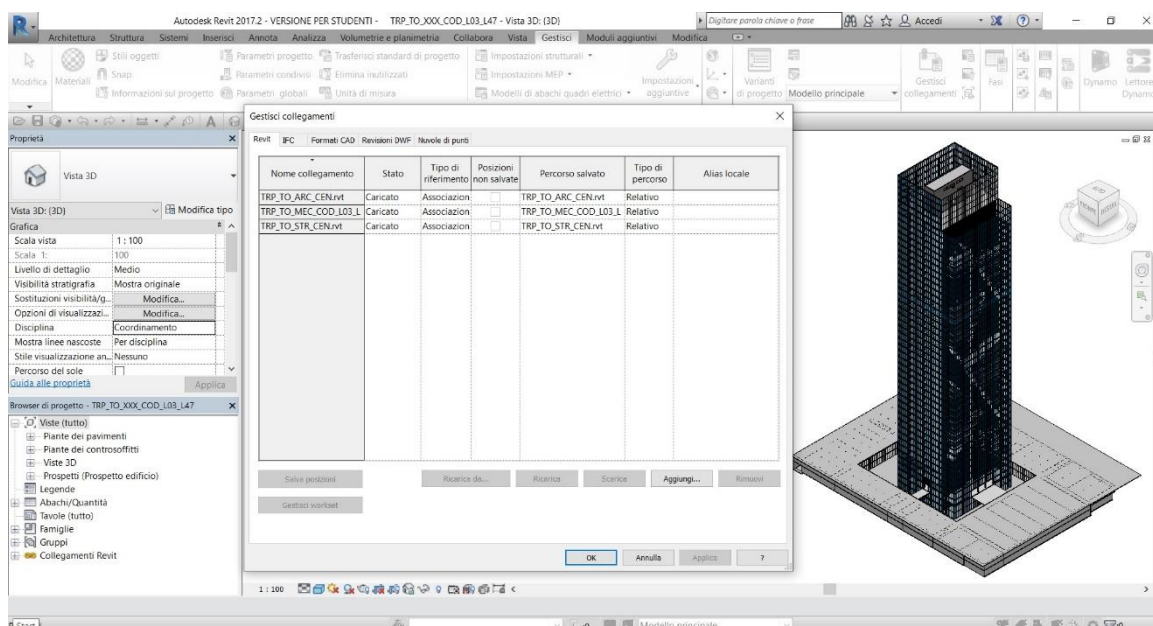


Figura 41 – Rappresentazione file di coordinamento multidisciplinare con verifica mantenimento informazioni (Immagine estratta da elaborato Revit tesi di coordinamento)

In tale figura, è stata mostrata la peculiarità per cui è sufficiente effettuare un cambiamento della disciplina da coordinamento a meccanica per poter valutare graficamente la permanenza di informazioni del file meccanico.

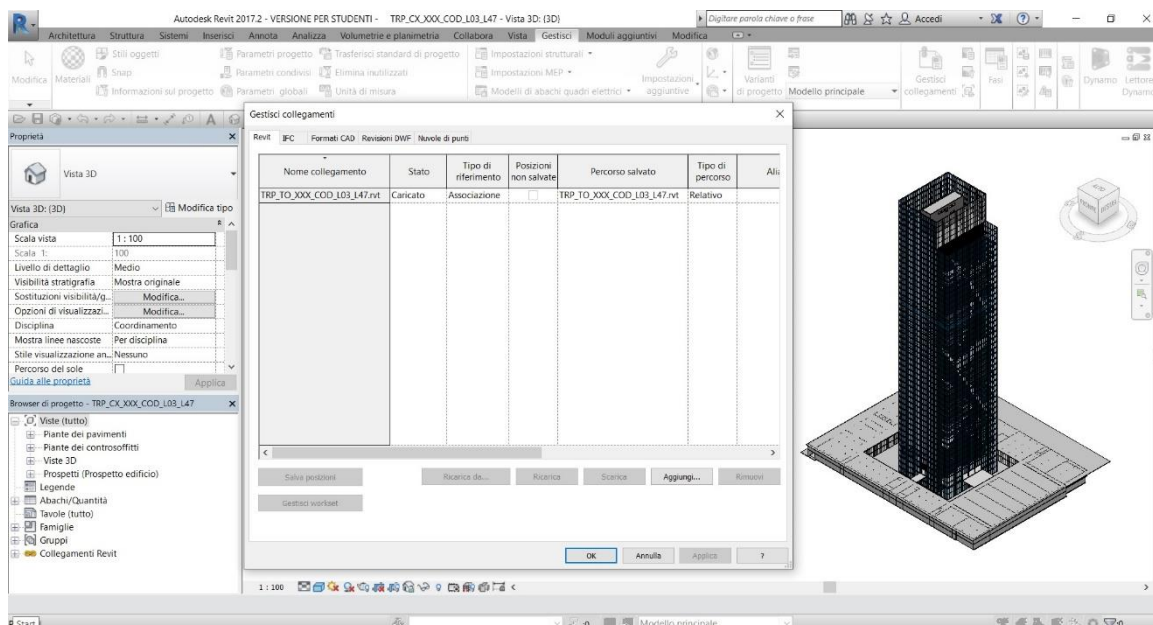


Figura 42 – Rappresentazione file di coordinamento multi siti
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi di coordinamento)

L'ultima visualizzazione non è comprensiva dei modelli di coordinamento degli altri edifici presenti nel lotto in quanto ancora non modellati, ma tale verifica è stata efficace per riscontrare una non perdita dei dati ed informazioni dopo un ulteriore collegamento per *associazione*.

2.6. Codifica standard parametrici

2.6.1. VPL__Visual programming language

«Un Linguaggio di Programmazione Visuale (Visual Programming Language V.P.L.) è un linguaggio che consente la programmazione tramite la manipolazione grafica degli elementi, i “nodi”, e non tramite sintassi scritta (ossia la digitazione di un listato di codice).

La maggioranza dei VPL è basata sull’idea “boxes and arrows” ovvero i “box” (o i rettangoli, le circonferenze ect.) sono concepiti come funzioni connesse tra di loro da “arrows” (le frecce).

I vantaggi della programmazione visuale sono la facilità di apprendimento e la possibilità di visualizzare lo stato del programma durante le fasi debug»²³.

Nel presente trattato di tesi si è deciso di intraprendere l’utilizzo di uno dei linguaggi di programmazione visuale tra i più conosciuti, ovvero Dynamo. L’utilizzo di tale VPL è stato stabilito in quanto esso è un dispositivo open source, sempre aggiornato e legato a community sempre attive, risorsa di fondamentale interesse soprattutto quando ci si avvicina all’utilizzo di un nuovo software. Un’ulteriore motivazione, è stata il fatto che Dynamo appartiene alla famiglia autodesk, e perciò può essere utilizzato come plug in di Revit 2017, il dispositivo informatico utilizzato per la presente tesi.

Dynamo è stato pensato per tutti i tecnici professionisti del mondo delle costruzioni e permette di costruire codici senza possedere alcuna conoscenza di programmazione. Dynamo ha molti vantaggi quali:

- l’automazione di attività ripetitive, richiedenti notevoli ore di lavoro per la loro meccanica realizzazione;
- il controllo delle informazioni attraverso l’interrogazione degli elementi eseguendo estrazione o scrittura di parametri;
- la costruzione di geometrie complesse parametriche;
- il riutilizzo di uno script applicabile in diversi progetti, al fine di velocizzare ulteriormente le applicazioni;
- la possibilità di testare varie alternative in fase di progettazione con tempistiche di esecuzione minori rispetto ai procedimenti tradizionali manuali;
- maggior interoperabilità tra formati di software diversi.

²³ <https://www.linkedin.com/pulse/dynamo-per-revit-matteo-martini>

2.6.2. Compilazione parametri condivisi

Entrando più nel dettaglio, Dynamo è un programma complesso, in grado di eseguire molteplici funzioni come precedentemente descritto, ma nel caso in esame è stato utilizzato al fine della compilazione parametrica, argomento ancora lasciato da parte, precedentemente introdotto, ma del quale ancora non si erano spiegate le modalità di esecuzione.

Più nello specifico, si è sfruttata la grande capacità di Dynamo nel selezionare, mediante opportuni input con adeguate operazioni di filtraggio, gli elementi desiderati e mediante l'utilizzo di nodi contenenti specifici algoritmi si è potuto eseguire la compilazione di tutti i parametri condivisi in precedenza descritti.

L'abilità nell'utilizzo del presente software, ovviamente, è cresciuta di pari passo con l'avanzamento dell'elaborato di tesi, infatti inizialmente si era iniziato a compilare i parametri manualmente, in particolare i cinque parametri di tipo, verificando comunque sul campo un notevole impiego di tempo per l'esecuzione di azioni meccaniche e ripetitive. Dopo la scelta di intraprendere l'utilizzo di un dispositivo VPL per migliorare le tempistiche di esecuzione e per ridurre gli errori specialmente dovuti alla distrazione dell'operatore, si è intrapresa la compilazione di quelli che erano i parametri più semplici e ripetitivi, realizzabili con brevi e semplici combinazioni di nodi, appartenenti a parametri di istanza.

Il primo parametro compilato digitalmente è stato il parametro di *Affidabilità* :

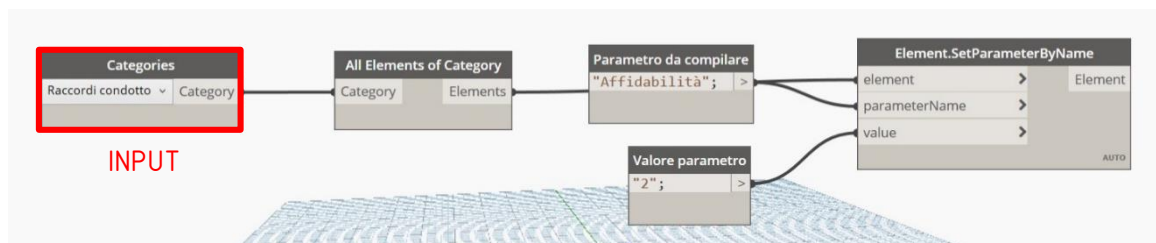


Figura 43 - Rappresentazione script Dynamo per compilazione parametro affidabilità
(Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

Tale procedura è stata eseguita variando esclusivamente l'unico nodo di input costituito dal nodo di categoria, andando a selezionare tutte le categorie contenenti almeno un elemento all'interno del modello BIM. Nel presente caso specifico, non si è dovuto effettuare variazioni riguardanti il *valore del parametro* da compilare in quanto per tutti gli elementi appartenenti a tutte le categorie del progetto era questo il valore da introdurre in merito alla scala di valori descritta nei paragrafi precedenti.

Successivamente si è proceduto alla compilazione del *codice esistente*, parametro anch'esso semplice da compilare ma richiedente la scrittura di più algoritmi in quanto il valore da inserire variava in funzione del *tipo di elementi* :

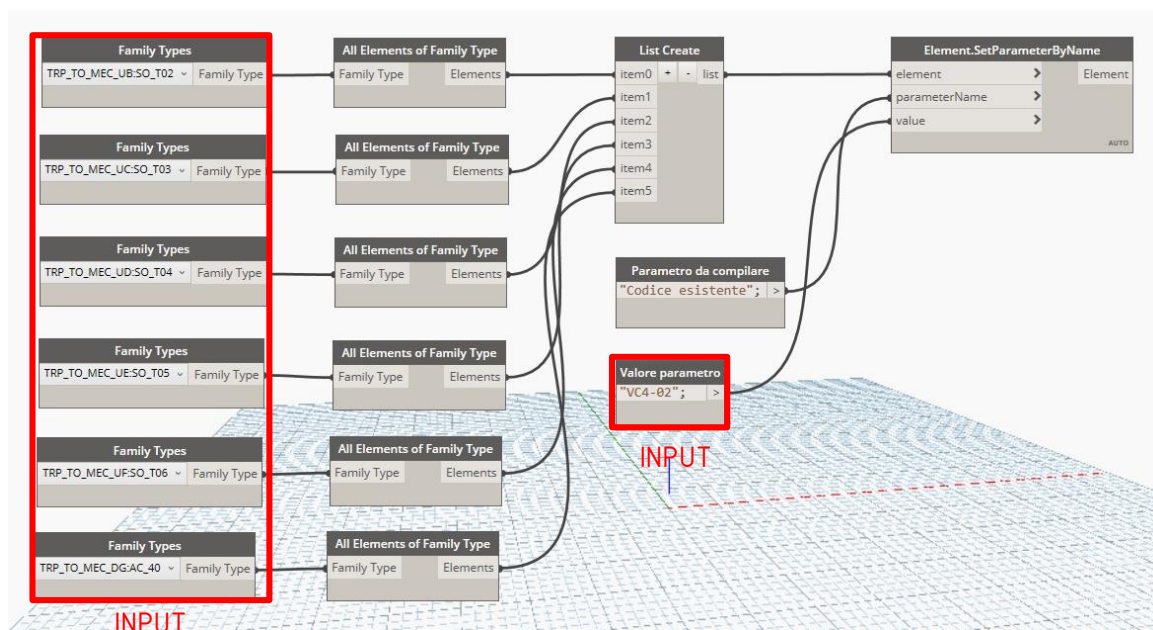


Figura 44 – Rappresentazione script Dynamo per compilazione parametro codice esistente
(Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

Anche in questo caso perciò i dati di input oggetto di variazione sono stati quelli evidenziati in rosso in figura, ma la selezione degli elementi non è stata eseguita attraverso lo strumento di selezione per categoria, ma si è richiesta l'individuazione degli specifici *Family Type* interessati, poi si sono selezionati tutti gli elementi contenuti in tale gruppo di selezione mediante il nodo *All Elements of Family Type*, si sono convogliati tutti gli elementi in un'unica lista mediante *List Create* ed infine si è compilato il parametro specifico grazie al nodo *Element.SetParameterByName*, specificando il nome del parametro da compilare e cosa scrivere nel presente parametro tramite delle stringhe.

Il passo seguente è stato quello di compilare l'unico parametro non da applicare agli elementi del modello ma bensì alle viste, nello specifico il parametro di *Sottodisciplina*. Trattandosi perciò di una vista, non è stato necessario in questo caso servirsi dell'utilizzo di Dynamo, ma è stato sufficiente cliccare sul *modello di vista* creato precedentemente dal collega del team Alessio Quattrocchi, diviso in base alle due discipline trattare nell'elaborato, in HVAC-ARIA e HVAC-ACQUA, e compilare il rispettivo parametro con le sigle ARI e ACQ, riuscendo così a compilare tale parametro per tutte le viste interessate in cui era stato utilizzato in modo appropriato lo specifico *modello di vista*.

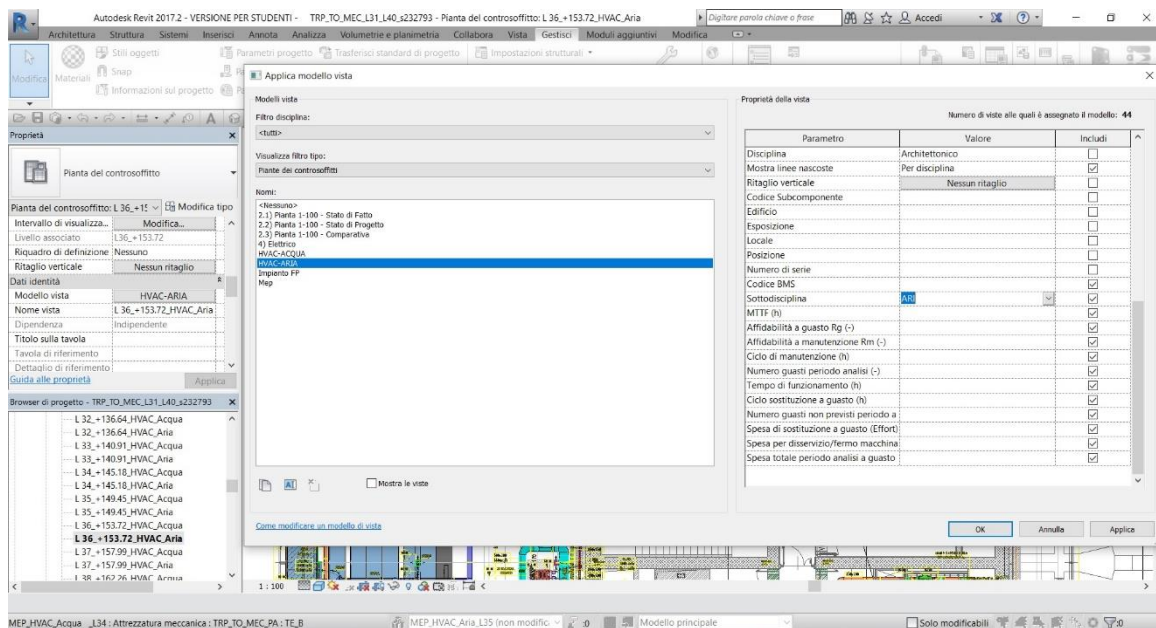


Figura 45 – Rappresentazione passaggi compilazione parametron sottodisciplina ARI
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

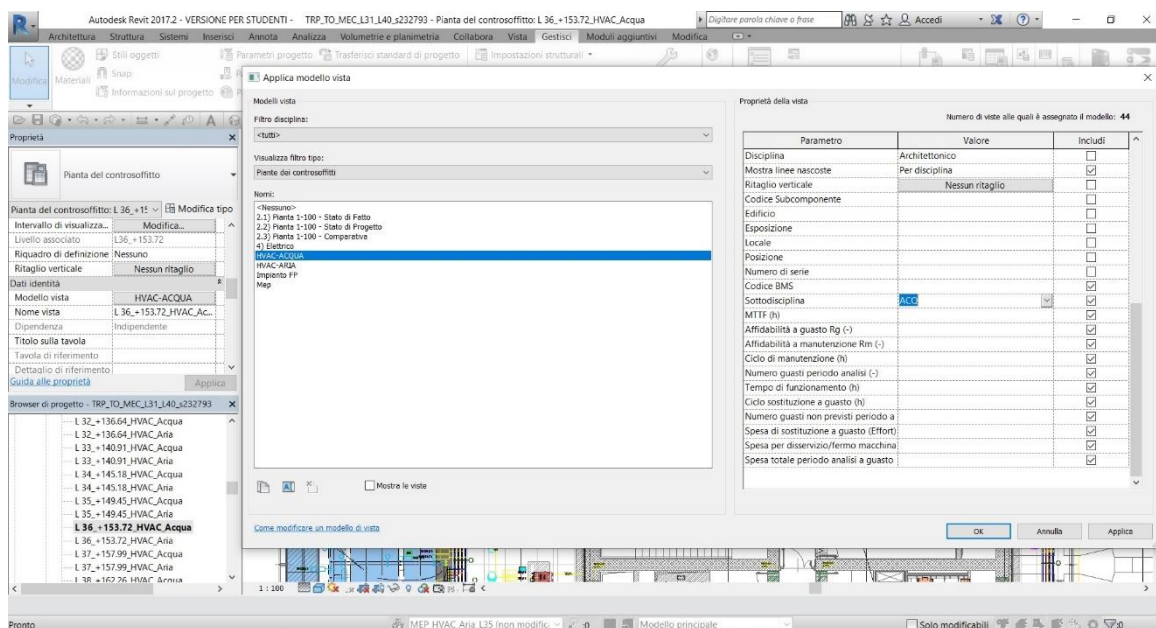


Figura 46 – Rappresentazione passaggi compilazione parametron sottodisciplina ACQ
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

L'ultimo parametro generale rimasto da compilare è il codice *identificativo*. Si tratta del parametro più difficile da codificare, in quanto esso è, come spiegato nei paragrafi precedenti, composto dall'assemblaggio di sigle provenienti da molteplici parametri. Ricordiamo infatti che la nomenclatura è compositiva dei nomi dei codici riguardanti i seguenti requisiti:

Famiglia_Tipo_Livello_Numero progressivo

La realizzazione di tale algoritmo di calcolo è stata molto laboriosa, infatti sin dal primo momento si sono rilevate problematiche soprattutto riguardanti la compilazione del numero progressivo degli elementi appartenenti ad una determinata *Family Type* presenti in un particolare piano. Questo in quanto obiettivo primario era quello di creare uno script in grado di automatizzare la codifica dei codici *identificativi* di tutti gli elementi appartenenti ad una determinata *Family Type* presenti in tutto il modello. Dopo ripetuti tentativi senza il raggiungimento di un risultato soddisfacente, si è raggiunto un compromesso mediante un algoritmo composto da due dati di input:

- Il livello del piano di riferimento;
- la *Family Type* degli elementi.

Stabilendo questi due requisiti lo script è in grado di comporre e generare automaticamente la scrittura del parametro identificativo.

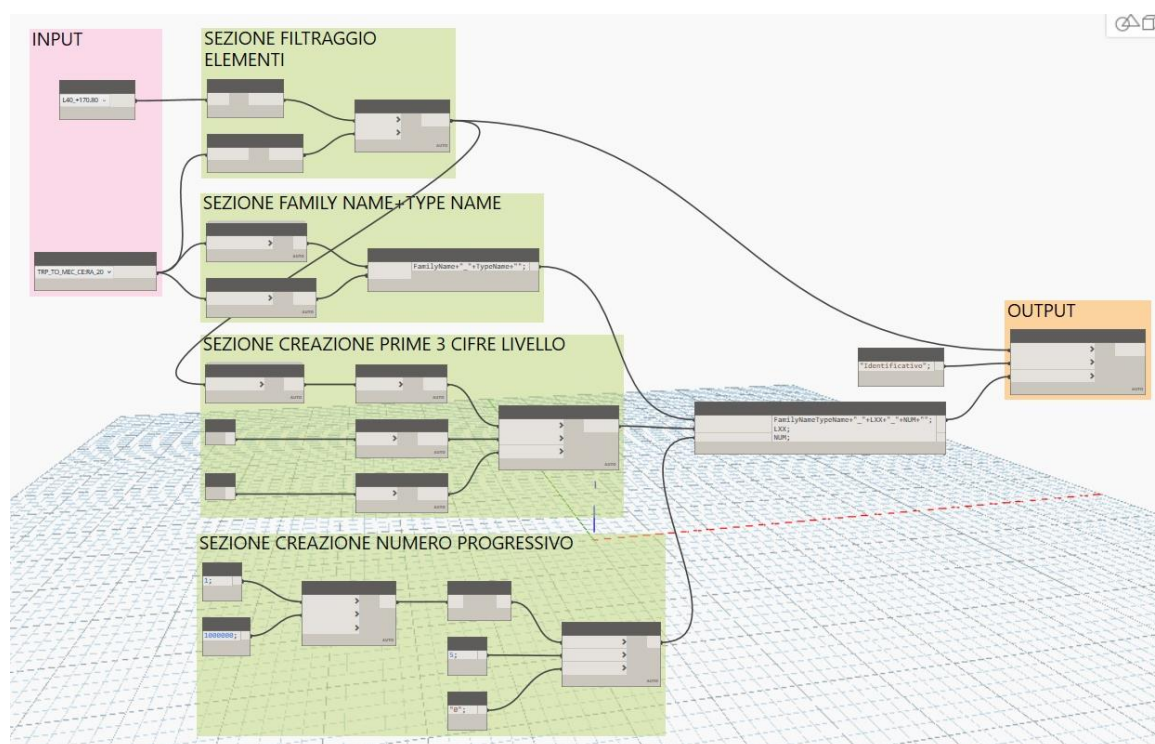


Figura 47 - Rappresentazione script complessivo di compilazione codice identificativo
(Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

Le prime sezioni successive a quella di input riguardano la sezione in cui avviene la selezione ed il filtraggio dei particolari elementi al quale si vuole compiere la codifica del codice *identificativo*, facendo una scrematura mediante il nodo *List.SetIntersection* e mantenendo solo gli elementi presenti in entrambi i precedenti gruppi di selezione, ovvero tutti gli elementi presenti in quel livello e tutti gli elementi di quella particolare *Family Type*. Dopo di che è presente il gruppo di nodi che permette la conversione del nome degli elementi in stringhe, in modo da eseguire il primo accoppiamento del codice identificativo finale composto dal nome della famiglia con quello dell'elemento.

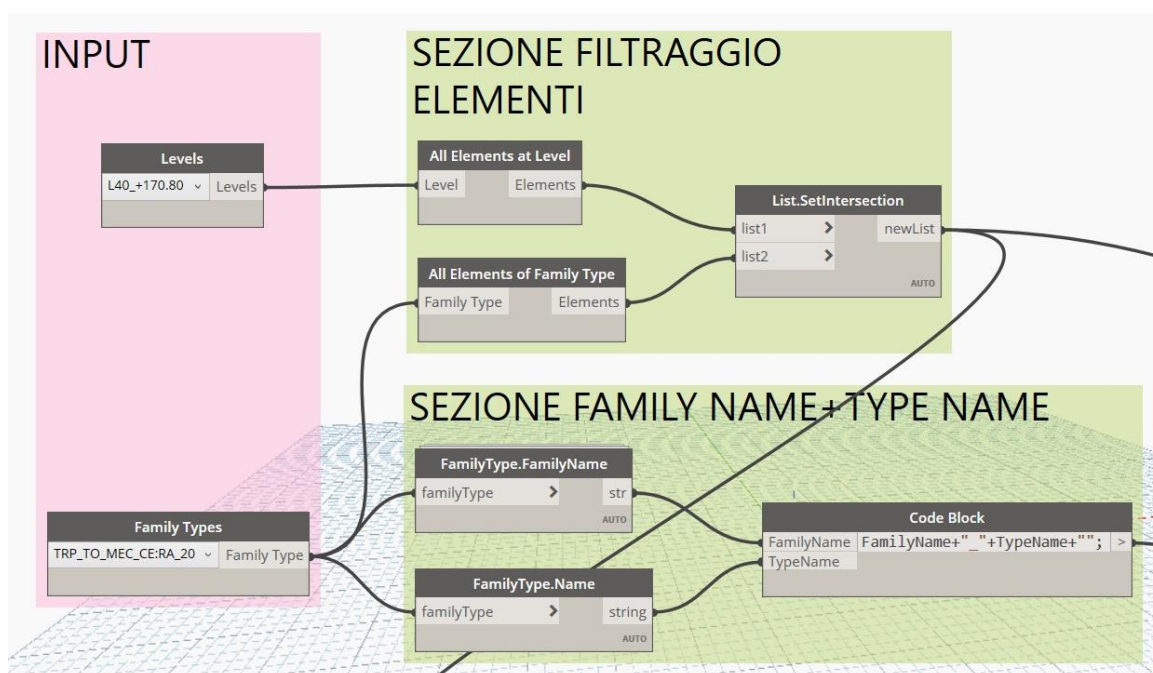


Figura 48 – Rappresentazione primi passaggi compilazione codice identificativo
(Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

Le successive sezioni riguardano la lettura e compilazione delle prime tre cifre alfanumeriche del livello del piano e il seguente algoritmo generatore di una numerazione progressiva composta da cinque cifre.

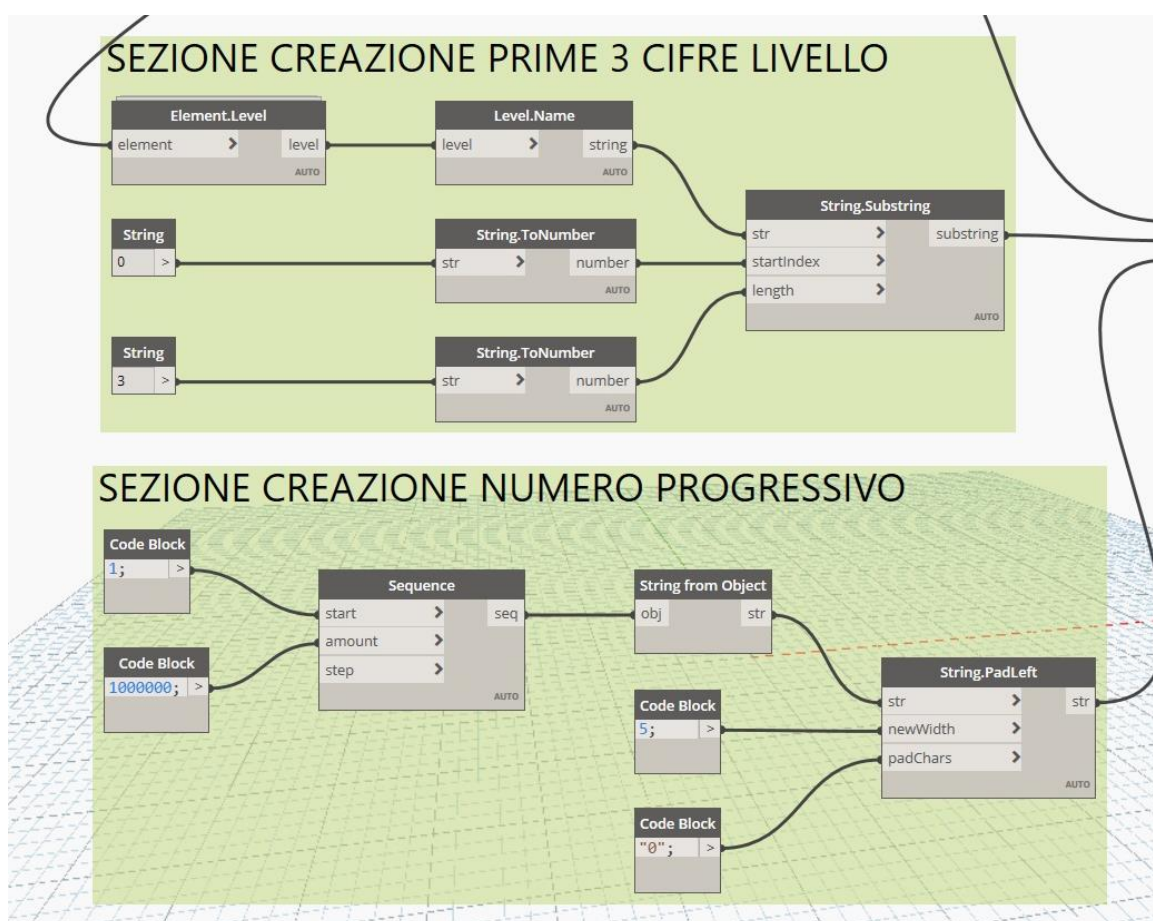


Figura 49 – Rappresentazione passaggi seguenti compilazione codice identificativo
(Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

Nel dettaglio, come possiamo vedere in figura, il processo di lettura e compilazione delle prime tre cifre del livello in cui si trova l'elemento specifico avviene tramite il nodo *Element.Level* in grado di determinare il livello dell'elemento che poi viene trasformato in stringa mediante il nodo *Level.Name* ed infine viene letto e scritto per i soli primi tre termini dal nodo *String.Substring* grazie a due dati di input numerici. Mentre la sezione seguente crea una sequenza numerica attraverso il nodo *Sequence* imponendo due valori numerici limite, quello iniziale e quello finale, tramutando poi tale sequenza in stringa e componendola di cinque cifre con il nodo *String.PadLeft* mediante l'input del numero totale di cifre e richiedendo che cosa scrivere nelle cifre in cui non sarà presente la componente numerica progressiva.

Infine si visualizza l'ultimo passaggio dello script, dove si realizza la combinazione e assemblaggio dei diversi stralci componenti l'identificativo finale tramite una scrittura tecnica dentro un nodo *Code Block* ed il finale nodo precedentemente descritto di output *Element.SetParameterByName*.

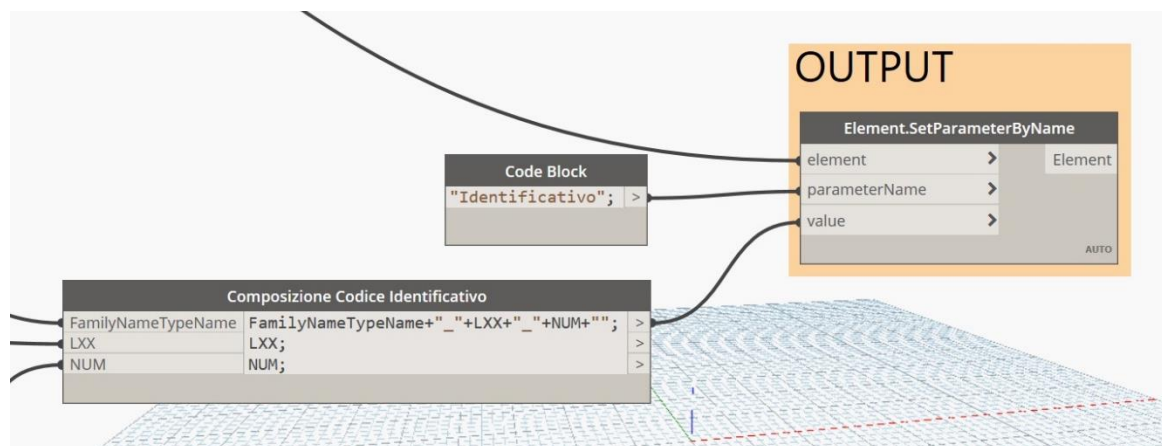


Figura 50 – Rappresentazione passaggio finale compilazione codice identificativo
(Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

In seguito, si è tentato di ampliare tale script a tutti i piani appartenenti al modello BIM oggetto di tesi, ma avviando il software si ricadeva in tempistiche di esecuzione molto lunghe con frequenti ultimazioni in crash di caricamento. Per tali motivazioni si è preferito eseguire tutte le compilazioni con sistemi algoritmici simili a quello descritto precedentemente.



Figura 51 – Rappresentazione tentativo estensione scrittura script per tutti i piani (Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

Proseguendo con la compilazione di tali parametri si sono riscontrate alcune criticità di funzionamento dello script precedentemente definite, specialmente riguardo agli elementi facenti parte delle *famiglie di sistema*, che, al contrario di quelli delle *famiglie caricate* non comparivano nel menù a tendina di input dei *Family Type*. Per ovviare a tale problematica si sono sviluppate altre soluzioni di composizione ed assemblaggio nodi, costituiti da sempre più sofisticate e corrette combinazioni algoritmiche, come le seguenti:

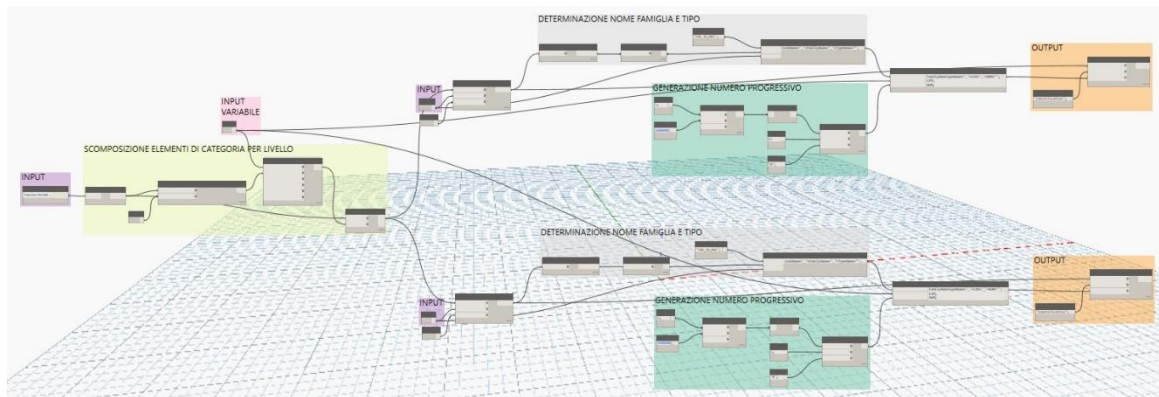


Figura 52 - Rappresentazione script complessivo di compilazione codice identificativo elementi di famiglie di sistema (Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

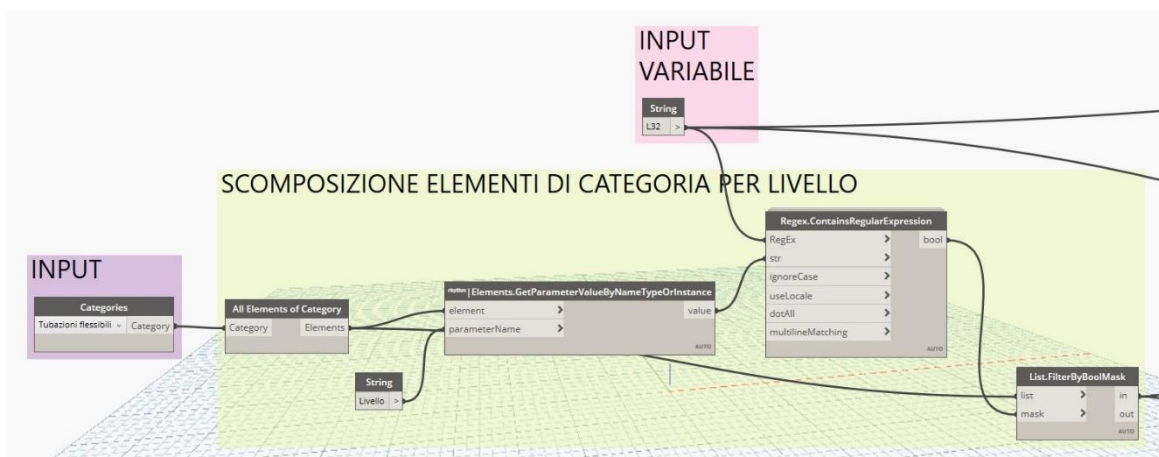


Figura 53 - Rappresentazione primi passaggi compilazione codice identificativo elementi di famiglie di sistema
(Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

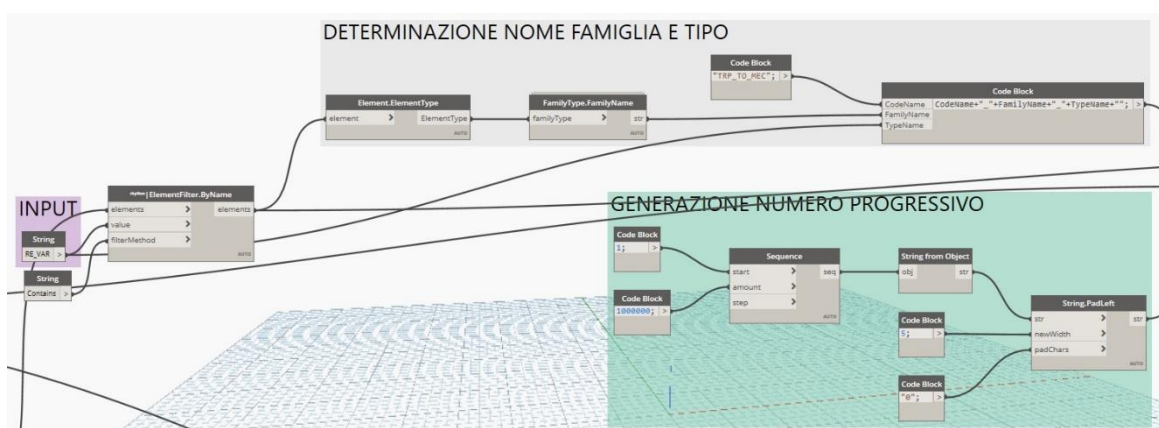


Figura 54 – Rappresentazione passaggi seguenti compilazione codice identificativo elementi di famiglie di sistema (Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

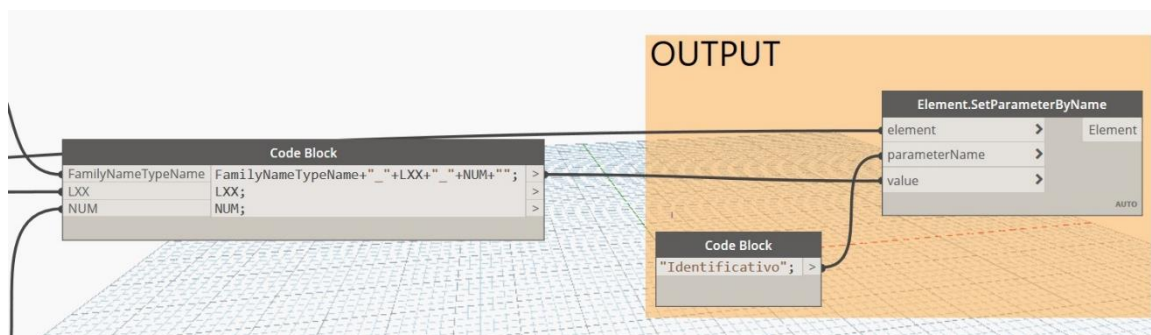


Figura 55 - Rappresentazione passaggio finale compilazione codice identificativo elementi di famiglie di sistema (Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

In modo particolare, si sono effettuate variazioni riguardanti la modalità di selezione degli elementi i quali si voleva codificare, in quanto si è partiti selezionando la categoria di riferimento, con il nodo *All Elements of Category* si sono compresi tutti i suoi elementi, si è evidenziato il loro livello mediante lo strumento *Element.GetParameterValueByNameTypeOrInstance* dandogli come input parametrico una stringa con scritto livello, creando poi una maschera booleana con il nodo *Regex.ContainsRegularExpression* mediante la sigla di livello ed andando a collegare tale nodo con la *List.FilterByBoolMask* nella casella appropriata si è eseguita la prima fase di filtraggio degli elementi. Il presente script poi prosegue mediante una successiva filtrazione degli elementi in base allo strumento *ElementFilter.By Name*, il quale esercita una separazione degli elementi in funzione del nome di tipo. Le successive fasi sono equivalenti a quelle descritte nel precedente algoritmo di compilazione del codice identificativo.

2.6.3. Codici padre disciplinari

Con l'ultimazione delle codifiche del parametro identificativo si sono terminate le compilazioni dei parametri generali introdotti dalla collega del team Alice Morabito. Tuttavia, in seguito è sorta una successiva esigenza parametrica, ovvero quella di poter selezionare porzioni dell'impianto principale, per poter eseguire operazioni successive come nel caso specifico di tale trattato, cioè operazioni di manutenzione.

Per la realizzazione di questa scomposizione del sistema principale in sottosistemi secondari si sono inseriti nuovi parametri condivisi chiamati *Codici Padre*. Nello specifico sono stati inseriti tanti codici padre quante sono le discipline trattate nell'elaborato di tesi, con eccezione per quanto riguarda la disciplina idraulica, ovvero:

- Codice Padre Meccanico;
- Codice Padre Elettrico;
- Codice Padre Idraulico, composto da:
 - Codice Padre Idraulico ACT;
 - Codice Padre Idraulico AFT;
 - Codice Padre Idraulico ASC;
 - Codice Padre Idraulico AMT.

Prima di tutto spieghiamo di che cosa è costituito un *Codice Padre* :

il Codice Padre è composto dalla scrittura del codice identificativo della sorgente disciplinare al quale è collegato l'elemento specifico.

Una volta compreso il valore da compilare all'interno di ogni codice padre, occorre motivare la scelta dell'utilizzo di quattro codici padre idraulici. Tale ragione è inerente al caso specifico di alcune attrezzature meccaniche come le unità di trattamento aria ed i ventilconvettori. Questi particolari elementi infatti hanno molteplici tipologie di tubazioni che convogliano al loro interno.

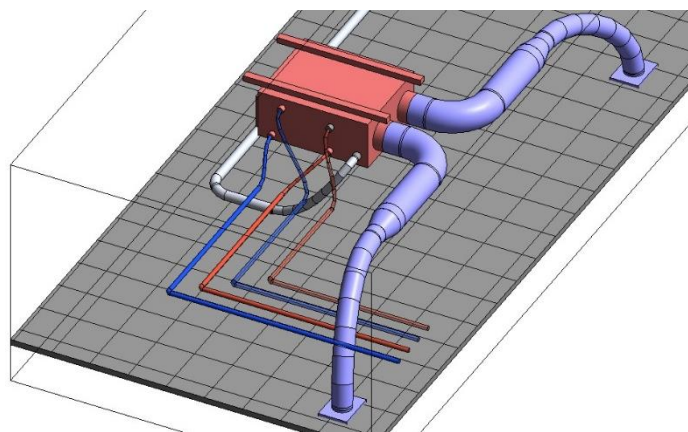


Figura 56 – Rappresentazioni molteplici tipologie di tubazione dei ventilconvettori
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

In particolare, essi perciò fanno parte nello stesso momento sia del sistema di acqua calda termica, sia di quello di acqua fredda termica che di quello di scarico condensa. Proprio per questo motivo risulta impossibile e non corretto stabilire un'unica sorgente idraulica, in quanto il ventilconvettore risulta essere un terminale dell'impianto di acqua termica, perciò si sono stabiliti tanti Codici Padre Idraulici quante sono le tipologie di tubazioni presenti all'interno del modello BIM per riuscire così a coprire tutte le casistiche riscontrabili.

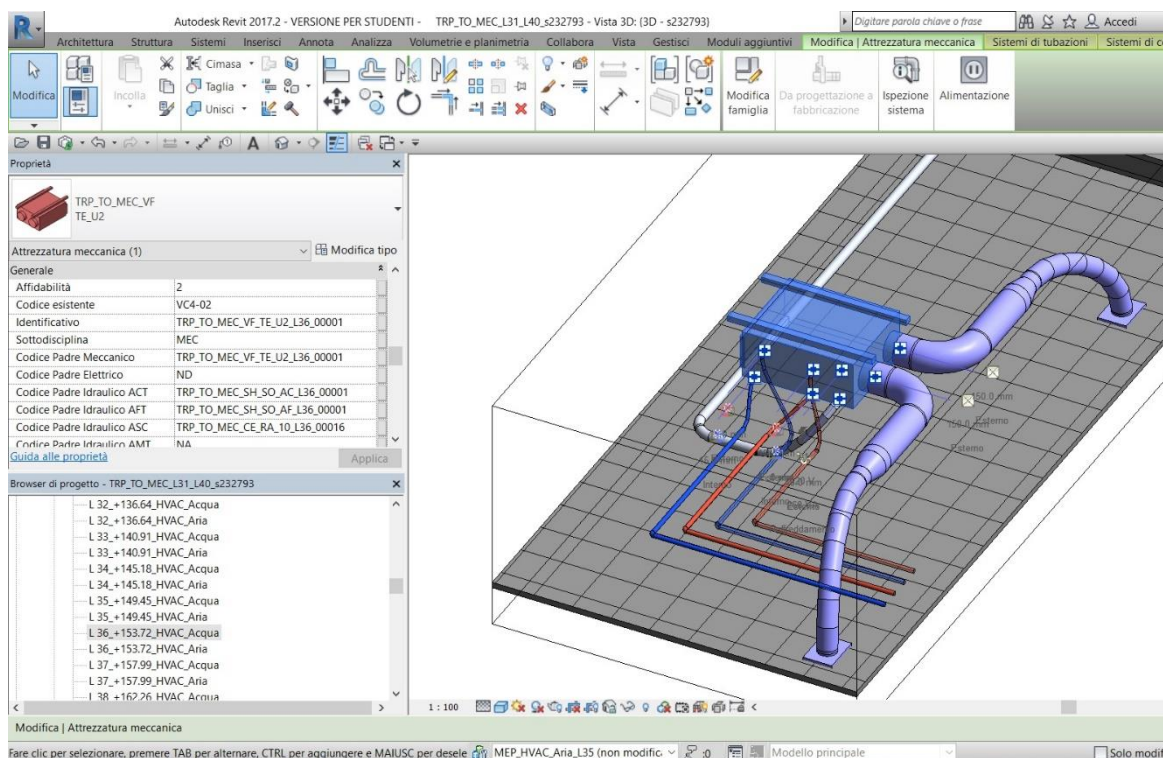


Figura 57 – Rappresentazione corretta compilazione codici padre idraulici
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Infine resta solo da descrivere le modalità con le quali sono avvenute tali compilazioni, che infatti, a differenza dei codici parametrici generali non sono stati compilabili digitalmente, o meglio solo i valori pari a *NA* ed *ND* di un gruppo specifico di famiglie o tipi si sono potuti compilare mediante il supporto di Dynamo.

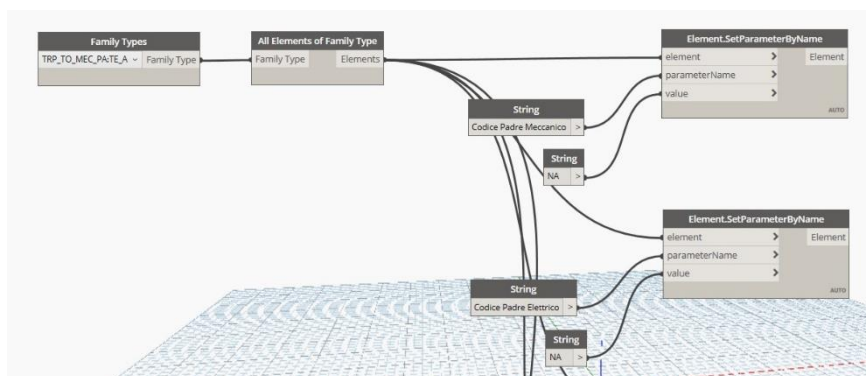


Figura 58 – Rappresentazione script compilazione codici padre non applicabili (NA) o non disponibili (ND)
(Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

Per quanto riguarda i Codici Padre ordinari, infatti c'è stato bisogno di compilarli manualmente, in quanto era impossibile dall'elenco degli elementi presenti in un abaco per esempio capire la loro posizione planimetrica e a sua volta la sorgente disciplinare specifica. Una soluzione alternativa e digitale sarebbe stata possibile solo se nel caso sin dall'inizio del progetto fossero stati numerati e/o nomenclati gli elementi secondo un preciso ordine logico/spaziale. Ma visto che questo non è stato fatto, l'unica soluzione possibile era quella della selezione manuale mediante indagine visiva, basandosi sulle abilità dell'operatore nel riconoscere le varie sorgenti parziali e selezionare correttamente tutti gli elementi del sistema a valle rispetto alla sorgente specifica. Ovviamente tale procedura essendo eseguita in questo modo sarà soggetta a dei refusi informatici dovuti alla distrazione dell'operatore e alla non selezionabilità di alcuni elementi in certe viste. Esempio è il caso visibile in figura, dove viene selezionato l'intero sistema distributivo di acqua miscelata a valle del collettore che rappresenta la sorgente parziale del sistema, eccetto i pannelli radianti che sono poi stati selezionati e codificati successivamente.



Figura 59 – Rappresentazione passaggio di selezione manuale per compilazione codice padre idraulico
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

2.7. Applicazione al Facility Management digitale

2.7.1. La politica di gestione dei guasti

Una volta terminata la fase di compilazione delle codifiche di tutti i parametri introdotti, il percorso di tesi si è spostato verso un uso applicativo della Reliability Centered Maintenance RCM introdotta nei primi paragrafi. In modo particolare, si è voluto evidenziare l'uso che si poteva fare della metodologia Building Information Modelling riguardante il tema manutentivo dei sistemi impiantistici.

L'applicazione dell'RCM è stata fatta in linea con quelli che sono i suoi obiettivi, ovvero quelli di migliorare l'affidabilità del sistema mantenuto, attraverso quattro strategie principali:

- Manutenzione su condizione;
- Manutenzione preventiva programmata;
- Failure Finding;
- Manutenzione correttiva.

Nello specifico, nel presente trattato si è eseguito uno studio riguardante solo due di queste strategie manutentive, la *manutenzione correttiva* e la *manutenzione preventiva ciclica*, in quanto le altre due tipologie non sono state reputate adatte all'applicazione del caso studio specifico.

Prima di iniziare a descrivere le modalità di esecuzione delle due strategie manutentive, occorre premettere che la simulazione manutentiva è stata realizzata su di una porzione dell'intero sistema, in modo da descrivere le modalità di esecuzione di tale procedimento, e far comprendere gli step di funzionamento delle singole strategie. Per far ciò, non si è potuto perciò utilizzare uno dei *codici padre* inseriti precedentemente con questo intento (questa applicazione permetterà di fornire tutti i passaggi utili per poter estendere l'utilizzo anche a tutti i sottosistemi), ma si è dovuto inserire un ulteriore *parametro condiviso* per permettere la selezione di elementi appartenenti a categorie differenti e visualizzarli in un unico *abaco multicategoria*. Il parametro di selezione inserito è stato chiamato *Sistema Manutenuto*, ed è stato introdotto con le modalità precedentemente descritte. Tale parametro è un parametro di testo, ed il codice inserito è stato *SM*. Il presente sottosistema analizzato è comprensivo del tratto terminale del sistema ad aria, nel dettaglio costituito dall'UTA di piano 33 posta nell'area sud della TRP, ed il sistema di distribuzione comprensivo di relativi terminali posto a valle di tale unità di trattamento aria. All'interno del gruppo di elementi selezionati sono stati inclusi anche due ventilconvettori adiacenti a tale UTA e collegati al sistema studiato mediante dei terminali in comune.

La visualizzazione del sottosistema analizzato mediante la comparazione delle due strategie manutentive studiate è stato realizzato, come precedentemente introdotto, mediante due modalità, una vista 3D, attraverso un filtro di visualizzazione ed un *abaco multicategoria*, che è stato realizzato andando sulla sezione di Revit *vista*, cliccando sulla casella *abachi* e selezionando l'opzione *multicategoria*. Successivamente è stato sufficiente selezionare i parametri specifici che si sono voluti inserire nell'abaco e cliccare il pulsante *aggiungi parametro*.

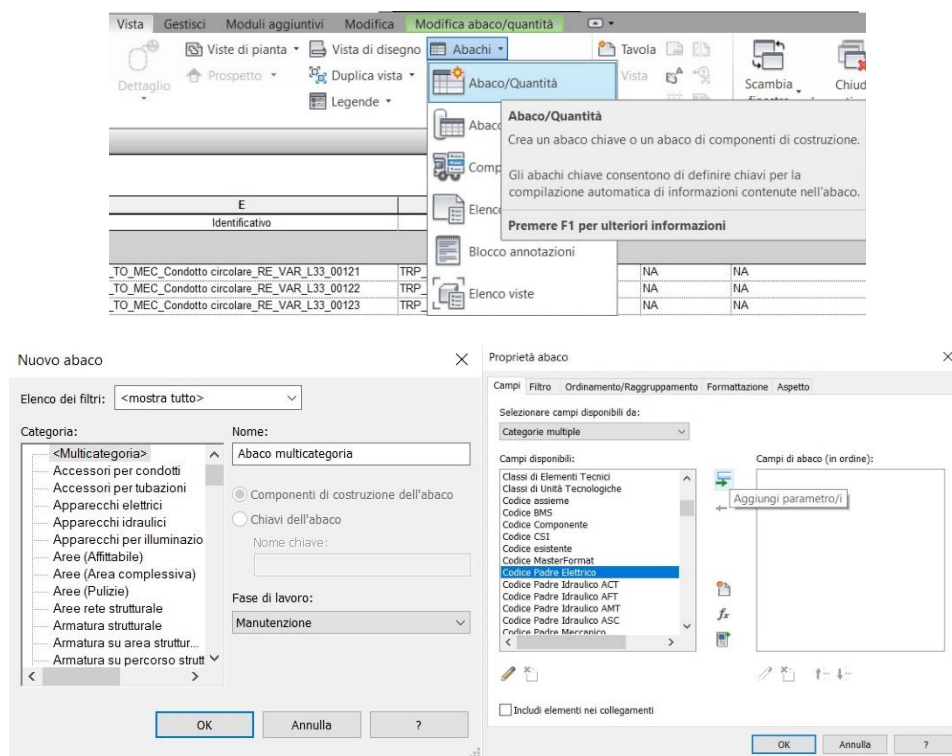


Figura 60 – Rappresentazione passaggi creazione abaco multicategoria (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

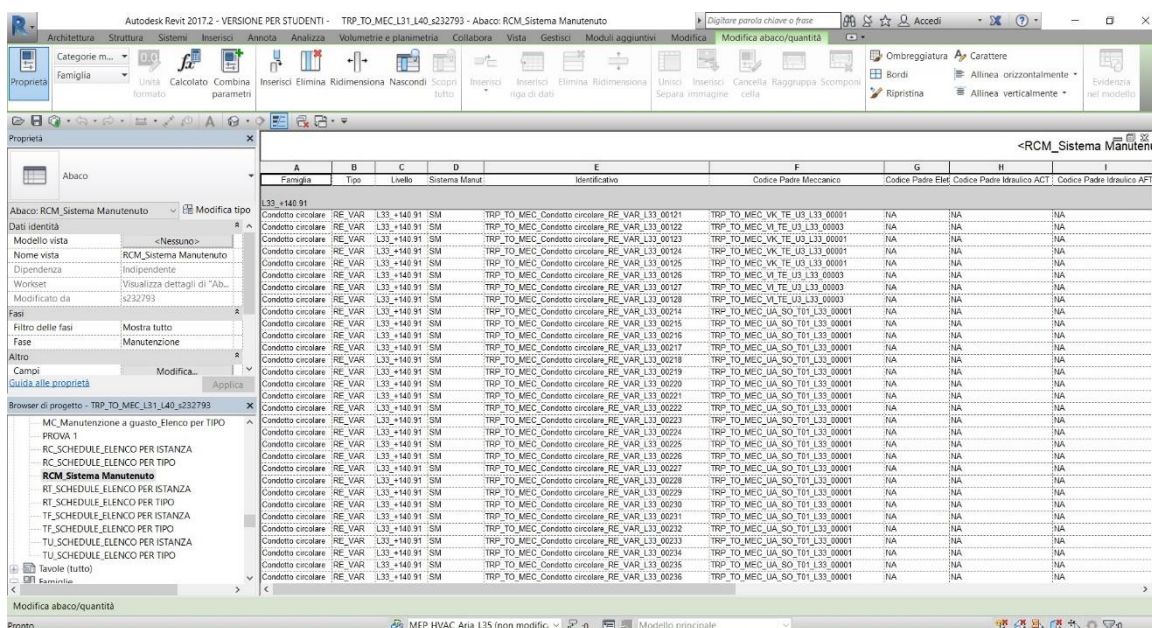


Figura 61 – Rappresentazione abaco multicategoria elementi del sistema mantenuto (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

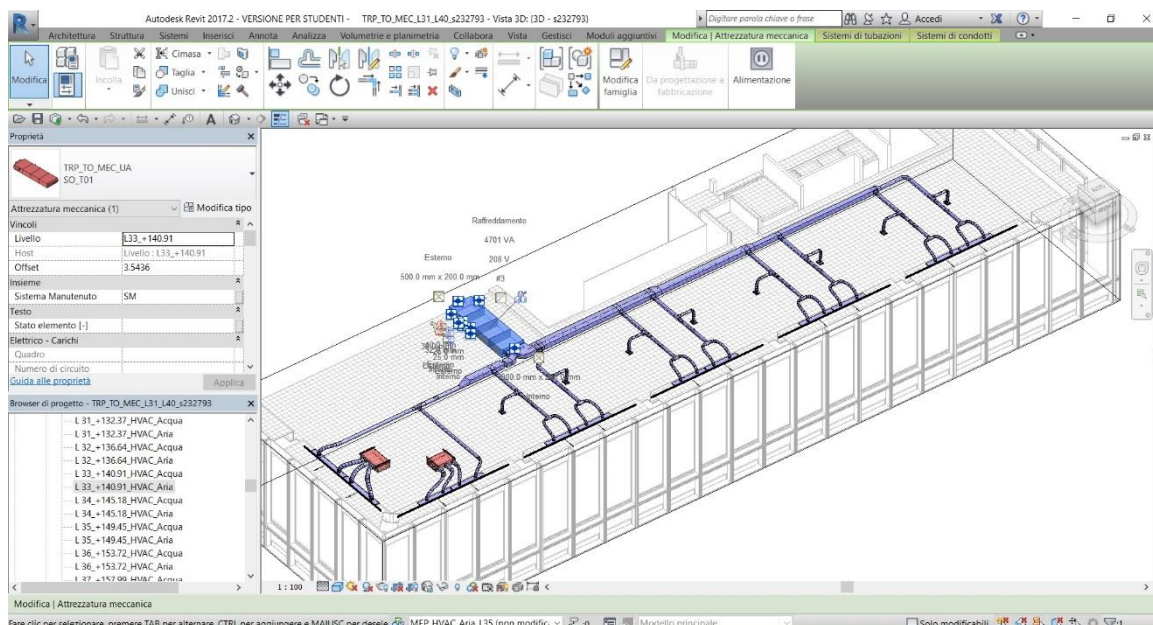


Figura 62 – Rappresentazione vista 3D del sistema manutenuto analizzato
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

2.7.2. Manutenzione correttiva

«Nell'ambito applicativo dell'RCM, nel termine manutenzione correttiva si ricomprendono le seguenti due politiche manutentive:

- Manutenzione straordinaria;
- Run to failure (manutenzione a guasto).

In particolare, l'art.5.8.1 della norma SAE JA 1011 suggerisce, in alcuni casi, l'adozione di misure di manutenzione straordinaria, quando non sia possibile dar corso ad alcuna delle strategie manutentive precedentemente nominate, in modo efficace. In altri termini, una modifica straordinaria al sistema può essere preferibile all'applicazione di standard manutentivi inefficaci o difficoltosi.

Invece, la politica della manutenzione su guasto è consentita, nell'ambito della SAE JA 1011, in assenza di conseguenze per la sicurezza delle persone e per la protezione dell'ambiente. In caso contrario, o si procede all'implementazione efficace di sistemi manutentivi RCM oppure, nell'impossibilità di dar corso a tali tipologie di azioni, sarà necessario prevedere una manutenzione straordinaria sul sistema oggetto di analisi»²⁴.

Nello specifico, nel presente trattato di tesi, si è deciso di seguire la linea della politica manutentiva correttiva a guasto, al fine di evidenziare e risaltare quelle che sono le differenze con la strategia manutentiva preventiva ciclica.

Un ulteriore premessa da compiere prima della spiegazione dei passaggi costituenti la presente metodologia, è quella che per tali simulazioni di analisi, non sono stati utilizzati dati economici veri e propri, provenienti da fonti ufficiali, ma sono stati impiegati *valori aventi un elevato grado di aleatorietà*²⁵ con il fine di fornire esclusivamente una comprensione procedurale che fornisse un ordine di grandezza verosimile.

Una volta stabiliti quelli che sono tutti i dati di contorno, il primo passo è stato quello di stabilire quelli che volevano essere i dati comuni di output da estrarre dalle due strategie manutentive. Risultato di tali decisioni sono stati :

- PARAMETRI TEMPORALI come la durata dei *cicli di sostituzione*, calcolati in ore, e gli intervalli di ispezione e/o manutenzione (aventi valori differenti in caso di manutenzione preventiva mentre coincidenti in caso di manutenzione a guasto);
- PARAMETRI QUANTITATIVI come le varie spese parziali interessate durante il ciclo di vita degli elementi, calcolate in effort (unità di misura fittizia);

²⁴ La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore

²⁵ Stralcio normativo "Commissione Europea-JRC Ispra_Allegato Ib_Specifiche Tecniche"

Pubblicazione "Durata e guasti delle macchine HVAC"

Pubblicazione "Risk Assessment_ICARO_Linee guida_Metodologie per l'elaborazione dell'analisi dei rischi di incidente rilevante"

Listino Lindab 2017

Listino SIDAN

- PARAMETRI A GUASTO, rappresentativi del numero di guasti stimati durante il periodo di analisi considerato.

Il passaggio seguente, è stato quello inerente la valutazione della lunghezza del periodo di analisi da studiare, scaturito, mediante una scelta arbitraria e di comodo in 100 anni. Una volta effettuate tali considerazioni iniziali si sono studiate le possibili modalità con il quale poter eseguire la procedura di calcolo descritta nei primi paragrafi del presente trattato, riguardanti gli elementi non riparabili.

Scelta progettuale è stata quella di eseguire una prima prova mediante la creazione di *parametri di progetto* da caricare all'interno dell'abaco multicategoria oggetto di analisi manutentiva, attraverso il quale poi eseguire le varie operazioni del procedimento.

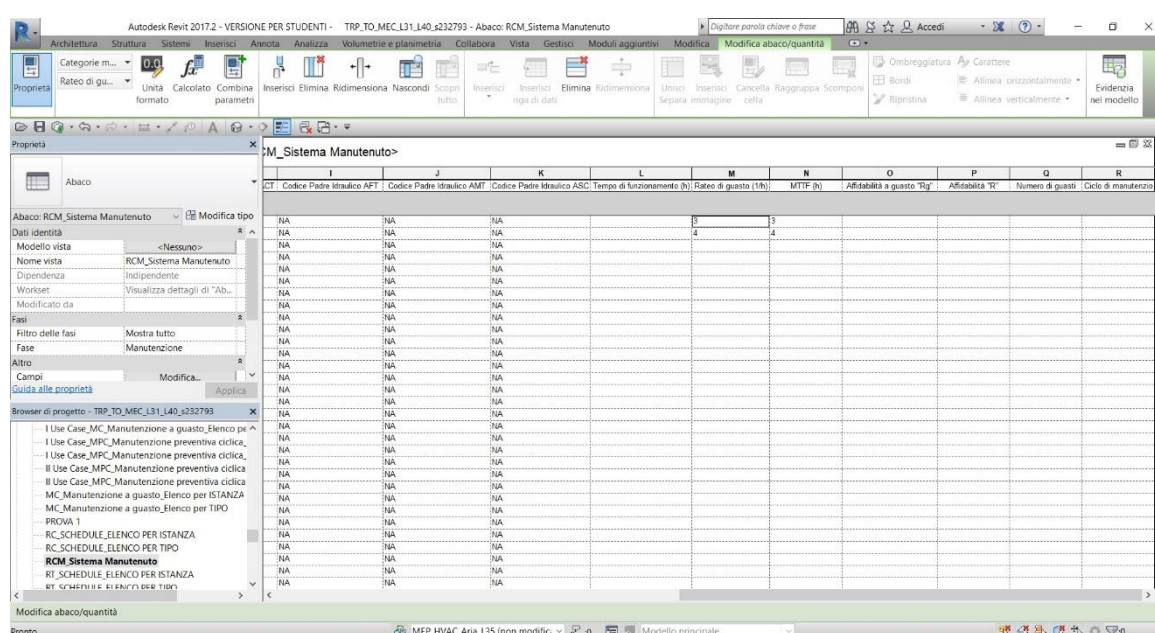


Figura 63 – Rappresentazione parametri di progetto per tentativo analisi manutentiva a guasto (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Dopo diversi tentativi inerenti specialmente l'automazione del parametro temporale, si è riscontrata una discreta rigidità dello strumento Revit 2017 per l'esecuzione di tali operazioni. Un ultimo tentativo è stato eseguito provando ad inserire un codice chiave, portatore di successivi calcoli realizzati nell'*abaco chiave*, ma il risultato finale è stato sempre di bassa qualità e senza raggiungere l'obiettivo preposto.

A	B	C	D	E	F	G	H
Nome chiave	Tempo di funzionamento (h)	Rateo di guasto (1%)	MTF (h)	Affidabilità a guasto "Rg" (%)	Affidabilità "R" (%)	Numero di guasti "n" (%)	Ciclo manutenzione a guasto (mesi)
1 giorno	24	0.000057	175439	0.367879	0.999663	0.006137	240
1 mese	720	0.000057	175439	0.367879	0.996349	0.004161	240
3 mesi	2190	0.000057	175439	0.367879	0.987595	0.012483	240
6 mesi	4380	0.000057	175439	0.367879	0.975343	0.024966	240
9 mesi	6570	0.000057	175439	0.367879	0.963244	0.037449	240
12 mesi (1 anno)	8760	0.000057	175439	0.367879	0.951294	0.049932	240
24 mesi (2 anni)	17520	0.000057	175439	0.367879	0.90456	0.095854	240
36 mesi (3 anni)	26280	0.000057	175439	0.367879	0.860884	0.143796	240
48 mesi (4 anni)	35040	0.000057	175439	0.367879	0.818953	0.192728	240
60 mesi (5 anni)	43800	0.000057	175439	0.367879	0.77966	0.24366	240
72 mesi (6 anni)	52560	0.000057	175439	0.367879	0.741121	0.296532	240
84 mesi (7 anni)	61320	0.000057	175439	0.367879	0.705024	0.348524	240
96 mesi (8 anni)	70080	0.000057	175439	0.367879	0.670685	0.399456	240
108 mesi (9 anni)	78840	0.000057	175439	0.367879	0.638018	0.449398	240
120 mesi (10 anni)	87600	0.000057	175439	0.367879	0.606543	0.49832	240
132 mesi (11 anni)	96360	0.000057	175439	0.367879	0.577382	0.546252	240
144 mesi (12 anni)	105120	0.000057	175439	0.367879	0.54926	0.593184	240
156 mesi (13 anni)	113880	0.000057	175439	0.367879	0.522507	0.638116	240
168 mesi (14 anni)	122640	0.000057	175439	0.367879	0.497058	0.680949	240
180 mesi (15 anni)	131400	0.000057	175439	0.367879	0.472849	0.72188	240
192 mesi (16 anni)	140160	0.000057	175439	0.367879	0.449818	0.760912	240
204 mesi (17 anni)	148920	0.000057	175439	0.367879	0.427909	0.798144	240
216 mesi (18 anni)	157680	0.000057	175439	0.367879	0.407068	0.833676	240
228 mesi (19 anni)	166440	0.000057	175439	0.367879	0.387241	0.867508	240
240 mesi (20 anni)	175200	0.000057	175439	0.367879	0.36838	0.89984	240
252 mesi (21 anni)	183960	0.000057	175439	0.367879	0	1	240
264 mesi (22 anni)	192720	0.000057	175439	0.367879	0	1	240
276 mesi (23 anni)	201480	0.000057	175439	0.367879	0	1	240
288 mesi (24 anni)	210240	0.000057	175439	0.367879	0	1	240
300 mesi (25 anni)	219000	0.000057	175439	0.367879	0	1	240
312 mesi (26 anni)	227760	0.000057	175439	0.367879	0	1	240
324 mesi (27 anni)	236520	0.000057	175439	0.367879	0	1	240
336 mesi (28 anni)	245280	0.000057	175439	0.367879	0	1	240

Figura 64 - Rappresentazione creazione abaco chiave per manutenzione a guasto del ventilconvettore (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Abbandonata l'ipotesi dell'utilizzo diretto di Revit 2017 per l'esecuzione di tali procedure di calcolo, si è valutata più flessibile l'opzione dell'utilizzo del software Microsoft Excel, dispositivo in grado di collaborare mediante il sistema BIM attraverso delle operazioni di esportazione ed importazione. Nel particolare, tali operazioni di trasferimento e scambio dati da un programma all'altro è stata resa possibile in modo semplificato mediante nuovamente il plug in Autodesk Dynamo.

La prima fase è stata quella di creazione dell'algoritmo in grado di leggere dal file .rvt le colonne dell'abaco *MC_Manutenzione a guasto_Elenco per ISTANZA* interessate e di esportare tali contenuti all'interno del file .xlsx.

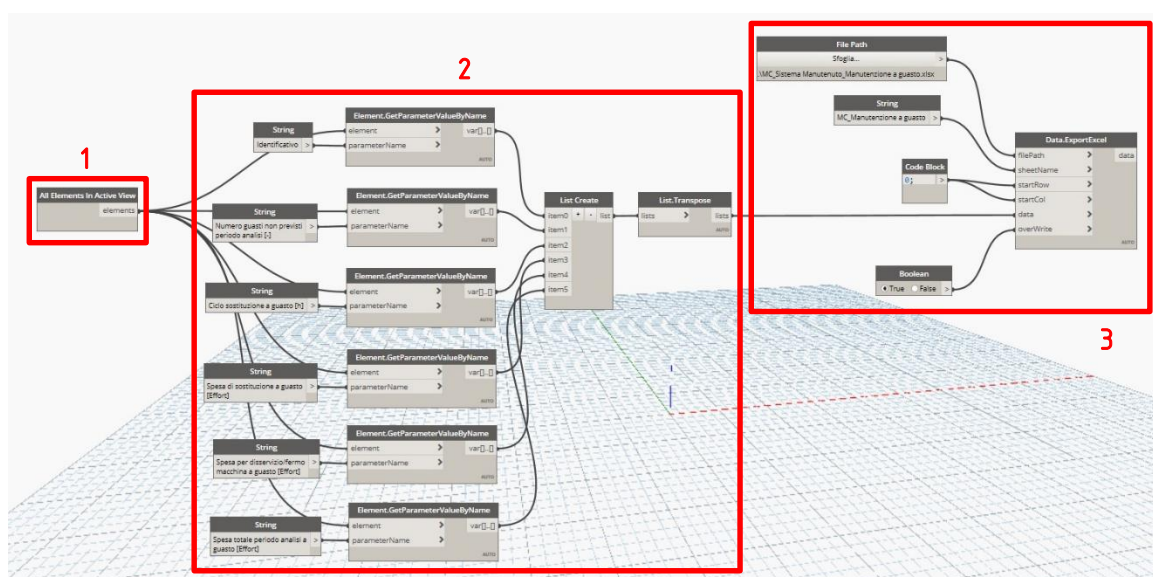


Figura 65 - Rappresentazione script per estrazioni campi e dati da abaco in file .rvt a file .xlsx (immagine estratta da elaborato personale .dyn)

Nello specifico il primo nodo permette la selezione di tutti gli elementi visibili nella vista corrente. Successivamente la composizione di nodi presenti nel secondo raggruppamento sono serviti per il selezionamento dei dati dalle colonne con il rispettivo codice parametrico indicato, raggruppare tutti questi valori in un'unica lista, rovesciare tali valori scritti in riga con quelli in colonna e viceversa. Infine l'ultimo sistema di nodi svolge il compito di esportazione fornendo come dati di input il percorso del file excel, il numero della riga e della colonna da cui partire ed il nome del foglio excel su di cui si vuole realizzare l'esportazione. Ovviamente tale step prevedeva il trasferimento di valori non ancora compilati, per questo il file excel risultava completamente vuoto e non si aveva la certezza riguardante l'esportazione degli elementi con lo stesso ordine impartito nell'abaco excel. La risoluzione di tale problematica è avvenuta introducendo tra i parametri da compilare, anche il *parametro condiviso generale identificativo*, unico codice in grado di caratterizzare in senso univoco ogni elemento del sistema analizzato.

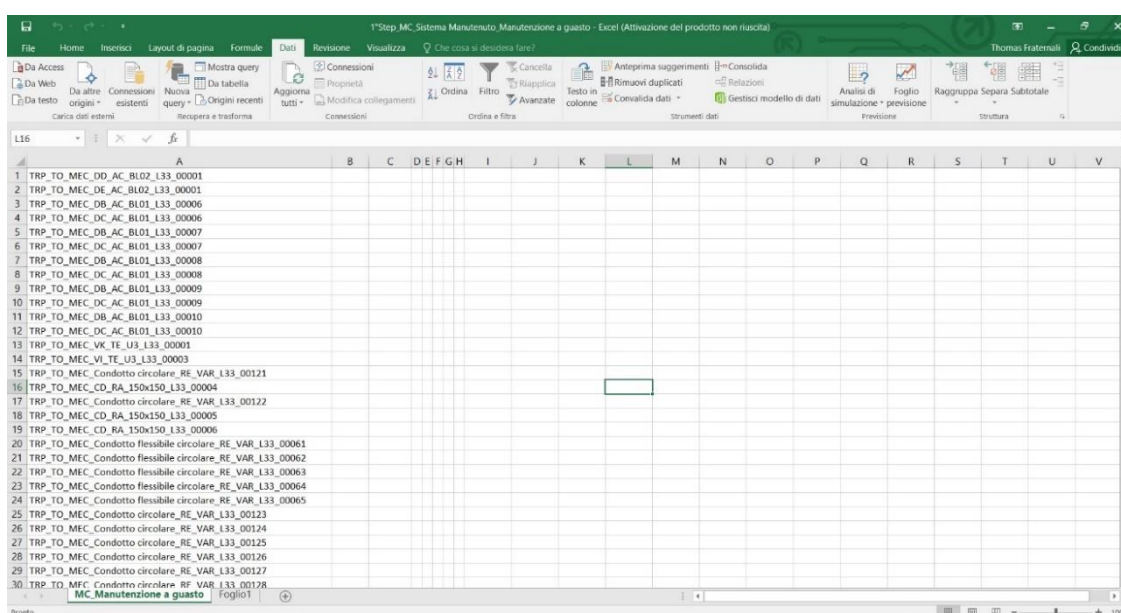


Figura 66 – Rappresentazione risultato esportazione contenuti colonne parametri manutentivi da abaco Revit a file excel (Immagine estratta da elaborato personale .xlsx)

In seguito, si sono creati tanti fogli di lavoro excel quanti erano i componenti studiati mediante una distinzione tipologica facenti parte del sistema oggetto di simulazione manutentiva. In ogni foglio è stato creato un format uguale per tutti in cui a variare, oltre al tipo di elemento considerato, erano solo i dati di input.

Nome elemento :		N° elementi :			
TRP_TO_MEC_UA_SO_T01		1			
Riassunto dati di INPUT :					
Rateo di guasto [1/h]	Costo di sostituzione a guasto [Effort/guasto]	Costo per disservizio/fermo macchina a guasto [Effort/h]	MTTR [h]		
2,20E-06	3500	100	240		
Riassunto RISULTATI :					
Periodo di analisi [anni]	Numero guasti non previsti periodo analisi [-]	Ciclo sostituzione a guasto [h]	Spesa di sostituzione a guasto [Effort]	Spesa per disservizio/fermo macchina a guasto [Effort]	Spesa totale periodo analisi a guasto [Effort]
100 anni					

Figura 67 – Rappresentazione esempio format dati di input e risultati UTA (Immagine estratta da elaborato personale .xlsx)

Il passaggio successivo, è stato quello di creare una tabella di calcolo, che rispettasse sempre la condizione di omogeneità compilativa applicabile a tutti gli elementi del sistema.

La prima operazione è stata quella di creare una triplice combinazione di colonne temporali, due riguardanti il tempo espresso in ore, attraverso una rappresentazione progressiva ed una parziale, e la terza rappresentativa dell'andamento temporale in mesi poi in anni, al fine di fornire una visualizzazione più familiare del risultato.

	Tempo di funzionamento progressivo [h]	Tempo di funzionamento parziale [h]	Rateo di guasto [1/h]	Numero guasti parziali non previsti periodo analisi [-]	Verifica stato funzionamento	Numero guasti progressivi non previsti periodo analisi [-]	MTTF [h]	Disponibilità intrinseca Ai [-]	Affidabilità R [-]	Affidabilità a guasto Rg [-]
1 giorno	24	24	0,000022	0,000	Funzionante	0,000	454545	0,999472279	0,999947201	0,367879441
1 mese	730	730		0,002	Funzionante	0,002			0,998395289	0,367879441
3 mesi	2190	2190		0,005	Funzionante	0,005			0,995193588	0,367879441
6 mesi	4380	4380		0,010	Funzionante	0,010			0,990410277	0,367879441
9 mesi	6570	6570		0,014	Funzionante	0,014			0,985649958	0,367879441
1 anno	8760	8760		0,019	Funzionante	0,019			0,980912518	0,367879441
2 anni	17520	17520		0,039	Funzionante	0,039			0,962189367	0,367879441
3 anni	26280	26280		0,058	Funzionante	0,058			0,943823595	0,367879441
4 anni	35040	35040		0,077	Funzionante	0,077			0,925808379	0,367879441
5 anni	43800	43800		0,096	Funzionante	0,096			0,908137028	0,367879441
6 anni	52560	52560		0,116	Funzionante	0,116			0,890802978	0,367879441
7 anni	61320	61320		0,135	Funzionante	0,135			0,873799792	0,367879441
8 anni	70080	70080		0,154	Funzionante	0,154			0,857121154	0,367879441
9 anni	78840	78840		0,173	Funzionante	0,173			0,84076087	0,367879441
10 anni	87600	87600		0,193	Funzionante	0,193			0,824712861	0,367879441
11 anni	96360	96360		0,212	Funzionante	0,212			0,808971169	0,367879441
12 anni	105120	105120		0,231	Funzionante	0,231			0,793529946	0,367879441
13 anni	113880	113880		0,251	Funzionante	0,251			0,778383458	0,367879441
14 anni	122640	122640		0,270	Funzionante	0,270			0,763526077	0,367879441
15 anni	131400	131400		0,289	Funzionante	0,289			0,748952287	0,367879441
16 anni	140160	140160		0,308	Funzionante	0,308			0,734656673	0,367879441
17 anni	148920	148920		0,328	Funzionante	0,328			0,720633927	0,367879441
18 anni	157680	157680	0,000022	0,347	Funzionante	0,347	454545	0,999472279	0,70687884	0,367879441
19 anni	166440	166440		0,366	Funzionante	0,366			0,693386303	0,367879441
20 anni	175200	175200		0,385	Funzionante	0,385			0,680151304	0,367879441
25 anni	219000	219000		0,482	Funzionante	0,482			0,617670584	0,367879441
26 anni	227760	227760		0,501	Funzionante	0,501			0,605880807	0,367879441
27 anni	236520	236520		0,520	Funzionante	0,520			0,594316068	0,367879441
28 anni	245280	245280		0,540	Funzionante	0,540			0,582972071	0,367879441
29 anni	254040	254040		0,559	Funzionante	0,559			0,571844602	0,367879441
30 anni	262800	262800		0,578	Funzionante	0,578			0,560929528	0,367879441
31 anni	271560	271560		0,597	Funzionante	0,597			0,550222796	0,367879441
32 anni	280320	280320		0,617	Funzionante	0,617			0,539720428	0,367879441
33 anni	289080	289080		0,636	Funzionante	0,636			0,529418524	0,367879441
34 anni	297840	297840		0,655	Funzionante	0,655			0,519313257	0,367879441
35 anni	306600	306600		0,675	Funzionante	0,675			0,509400874	0,367879441
36 anni	315360	315360		0,694	Funzionante	0,694			0,499677694	0,367879441
37 anni	324120	324120		0,713	Funzionante	0,713			0,490140105	0,367879441
38 anni	332880	332880		0,732	Funzionante	0,732			0,480784565	0,367879441
39 anni	341640	341640		0,752	Funzionante	0,752			0,471607598	0,367879441
40 anni	350400	350400		0,771	Funzionante	0,771			0,462605796	0,367879441
41 anni	359160	359160		0,790	Funzionante	0,790			0,453775816	0,367879441
42 anni	367920	367920		0,809	Funzionante	0,809			0,445114378	0,367879441
43 anni	376680	376680		0,829	Funzionante	0,829			0,436618265	0,367879441
44 anni	385440	385440		0,848	Funzionante	0,848			0,428284322	0,367879441
45 anni	394200	394200		0,867	Funzionante	0,867			0,420109453	0,367879441
46 anni	402960	402960		0,887	Funzionante	0,887			0,412090621	0,367879441
47 anni	411720	411720		0,906	Funzionante	0,906			0,404224849	0,367879441
48 anni	420480	420480		0,925	Funzionante	0,925			0,396509214	0,367879441
49 anni	429240	429240		0,944	Funzionante	0,944			0,388940851	0,367879441
50 anni	438000	438000		0,964	Funzionante	0,964			0,38151695	0,367879441
51 anni	446760	446760		0,983	Funzionante	0,983			0,374234752	0,367879441
52 anni	455520	455520		1,002	Guasto	1,002			0,367091553	0,367879441
53 anni	464280	8760		0,019	Funzionante	1,019			0,980912518	0,367879441
54 anni	473040	17520		0,039	Funzionante	1,039			0,962189367	0,367879441

Figura 68 - Rappresentazione stralcio esempio di tabella di calcolo manutentiva a guasto
(Immagine estratta da elaborato personale .xlsx)

Dopo di che, si è calcolato il numero di guasti non previsti facendo una semplice moltiplicazione tra il valore progressivo del *tempo di funzionamento* ed il *rateo di guasto* del componente, avente valore costante, in quanto per tale strategia manutentiva è stata utilizzata una distribuzione statistica esponenziale. Per quanto riguarda invece la

determinazione del valore del *Mean Time To Failure (MTTF)* è stato sufficiente eseguire il rapporto tra un valore unitario ed il *tasso di guasto*. La definizione del parametro affidabilità R invece, è stata svolta seguendo i passaggi di calcolo descritti in precedenza, andando ad esaminare singolarmente i guasti di ogni componente tipologico del sistema. Ricordando che la formula seguita è stata :

$$R(t) = \exp(-\lambda \cdot t)$$

è stato sufficiente sostituire al posto della variabile temporale il valore costante del MTTF per determinare il termine di affidabilità raggiunto il quale il componente si guasta.

Come ultimo passaggio sono stati riportati i valori caratteristici estrapolati dall'analisi manutentiva del componente e riassunti nella tabella definita inizialmente. Una volta compilati tutti i parametri affidabilistici sono stati eseguiti i calcoli relativi alle spese parziali di ogni elemento, partendo da quelle di sostituzione moltiplicando il costo unitario a guasto per il numero di guasti, fino a quelle per dismissione moltiplicando il costo unitario per il numero di ore di riparazione e per il numero dei guasti dell'elemento specifico.

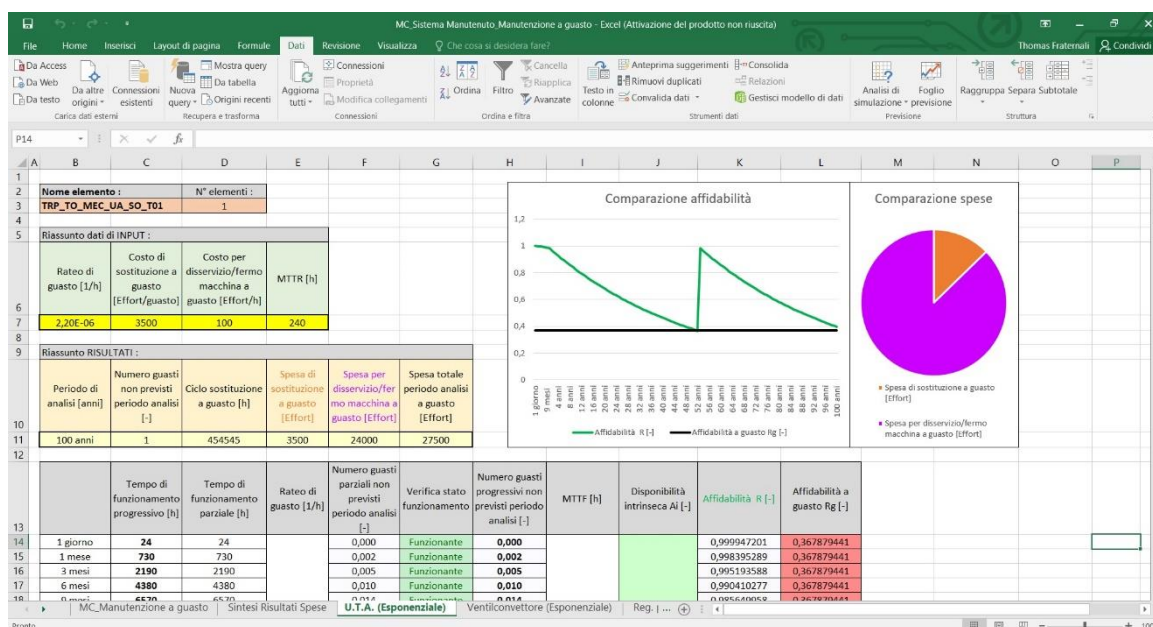


Figura 69 – Rappresentazione format foglio completo excel per manutenzione a guasto degli elementi (Immagine estratta da elaborato personale .xlsx)

Passaggio finale è stato quello di sommare i due contributi di spesa al fine dell'ottenimento del valore di spesa totale di ogni elemento. Al fine di permettere un formato di visualizzazione più semplice ed intuitivo rispetto a dei puri valori numerici, sono state elaborate due rappresentazioni diagrammatiche, la prima riguardante l'andamento dell'affidabilità del particolare componente nel tempo, e la seconda illustrativa del peso di ogni singola spesa parziale rispetto al totale.

La procedura di calcolo appena descritta è stata sviluppata per tutti gli elementi propri del sistema mantenuto, ed i risultati sono stati trascritti nel foglio iniziale del file .xlsx, collegando in maniera scrupolosa da parte dell'operazione ogni termine del rispettivo foglio di calcolo con il giusto elemento del foglio iniziale. Una volta completata l'operazione di collegamento e trascrizione per tutti i componenti, si è manifestata l'esigenza della

creazione di un nuovo script Dynamo in grado di importare i dati compilati nel file excel nell'originario abaco multicategoria di Revit 2017.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	TRP_TO_MEC_DD_AC_BLO2_L33_00001		3	256410	1950	5040	6990											
2	TRP_TO_MEC_DE_AC_BLO2_L33_00001		3	256410	1950	5040	6990											
3	TRP_TO_MEC_DB_AC_BLO1_L33_00006		3	256410	1950	5040	6990											
4	TRP_TO_MEC_DC_AC_BLO1_L33_00006		3	256410	1950	5040	6990											
5	TRP_TO_MEC_DB_AC_BLO1_L33_00007		3	256410	1950	5040	6990											
6	TRP_TO_MEC_DC_AC_BLO1_L33_00007		3	256410	1950	5040	6990											
7	TRP_TO_MEC_DB_AC_BLO1_L33_00008		3	256410	1950	5040	6990											
8	TRP_TO_MEC_DC_AC_BLO1_L33_00008		3	256410	1950	5040	6990											
9	TRP_TO_MEC_DB_AC_BLO1_L33_00009		3	256410	1950	5040	6990											
10	TRP_TO_MEC_DC_AC_BLO1_L33_00009		3	256410	1950	5040	6990											
11	TRP_TO_MEC_DB_AC_BLO1_L33_00010		3	256410	1950	5040	6990											
12	TRP_TO_MEC_DC_AC_BLO1_L33_00010		3	256410	1950	5040	6990											
13	TRP_TO_MEC_VK_TE_U3_L33_00001		4	175439	4000	14400	18400											
14	TRP_TO_MEC_VI_TE_U3_L33_00003		4	175439	4000	14400	18400											
15	TRP_TO_MEC_Condotto circolare_RE_VAR_L33_00121		3	250000	135	960	1095											
16	TRP_TO_MEC_CD_RA_150x150_L33_00004		3	250000	165	1440	1605											
17	TRP_TO_MEC_Condotto circolare_RE_VAR_L33_00122		3	250000	135	960	1095											
18	TRP_TO_MEC_CD_RA_150x150_L33_00005		3	250000	165	1440	1605											
19	TRP_TO_MEC_CD_RA_150x150_L33_00006		3	250000	165	1440	1605											
20	TRP_TO_MEC_Condotto flessibile circolare_RE_VAR_L33_00061		3	232558	105	960	1065											
21	TRP_TO_MEC_Condotto flessibile circolare_RE_VAR_L33_00062		3	232558	105	960	1065											
22	TRP_TO_MEC_Condotto flessibile circolare_RE_VAR_L33_00063		3	232558	105	960	1065											
23	TRP_TO_MEC_Condotto flessibile circolare_RE_VAR_L33_00064		3	232558	105	960	1065											
24	TRP_TO_MEC_Condotto flessibile circolare_RE_VAR_L33_00065		3	232558	105	960	1065											
25	TRP_TO_MEC_Condotto circolare_RE_VAR_L33_00123		3	250000	135	960	1095											
26	TRP_TO_MEC_Condotto circolare_RE_VAR_L33_00124		3	250000	135	960	1095											
27	TRP_TO_MEC_Condotto circolare_RE_VAR_L33_00125		3	250000	135	960	1095											
28	TRP_TO_MEC_Condotto circolare_RE_VAR_L33_00126		3	250000	135	960	1095											
29	TRP_TO_MEC_Condotto circolare_RE_VAR_L33_00127		3	250000	135	960	1095											
30	TRP_TO_MEC_Condotto circolare_RE_VAR_L33_00128		3	250000	135	960	1095											

Figura 70 - Rappresentazione foglio Excel compilato pronto per importazione in Revit
(immagine estratta da elaborato personale .xlsx)

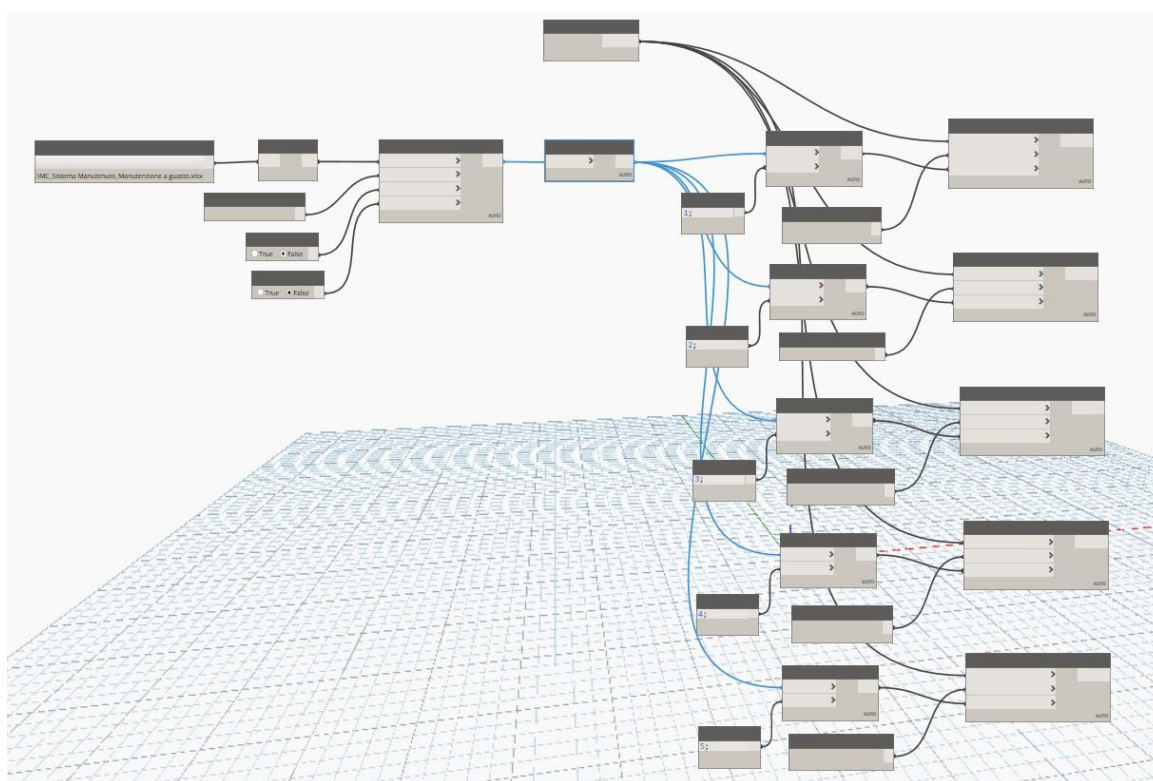


Figura 71 - Rappresentazione algoritmo completo Dynamo di importazione dati da file Excel a file Revit
(immagine estratta da elaborato personale .dyn)

Per questo si è prodotto lo script presente, il quale è composto da un primo gruppo di nodi aventi il compito, per mezzo dei dati di input, di individuare il percorso del file .xlsx dal quale eseguire l'importazione, identificare il foglio specifico dal quale iniziare l'operazione attraverso una stringa con scritto il nome esatto del foglio excel specifico, ed il nodo *Data.ImportExcel* in grado di eseguire l'azione dell'importazione.

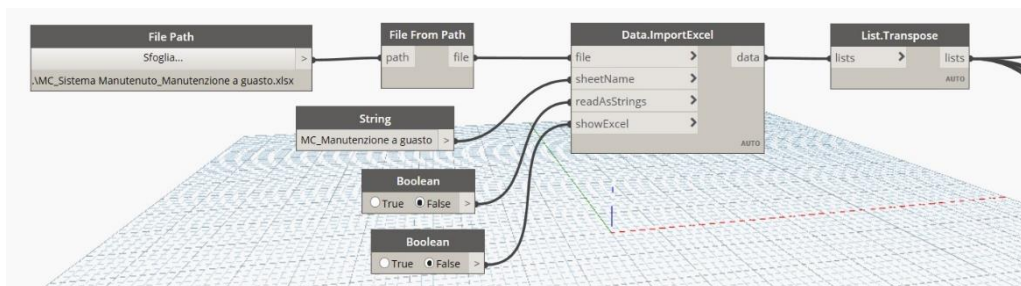


Figura 72 - Rappresentazione primi passaggi script importazione dati da file Excel a file Revit
(Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

Successivamente si trova il nodo *List.Transpose* che effettua l'esatta operazione inversa di quella descritta precedentemente per l'algoritmo di esportazione ed un gruppo di nodi in grado di individuare, mediante input numerico, il numero della colonna excel dal quale devono prelevare la serie di dati da compilare nella colonna dell'abaco revit attraverso l'input di stringa contenete il nome del parametro specifico.

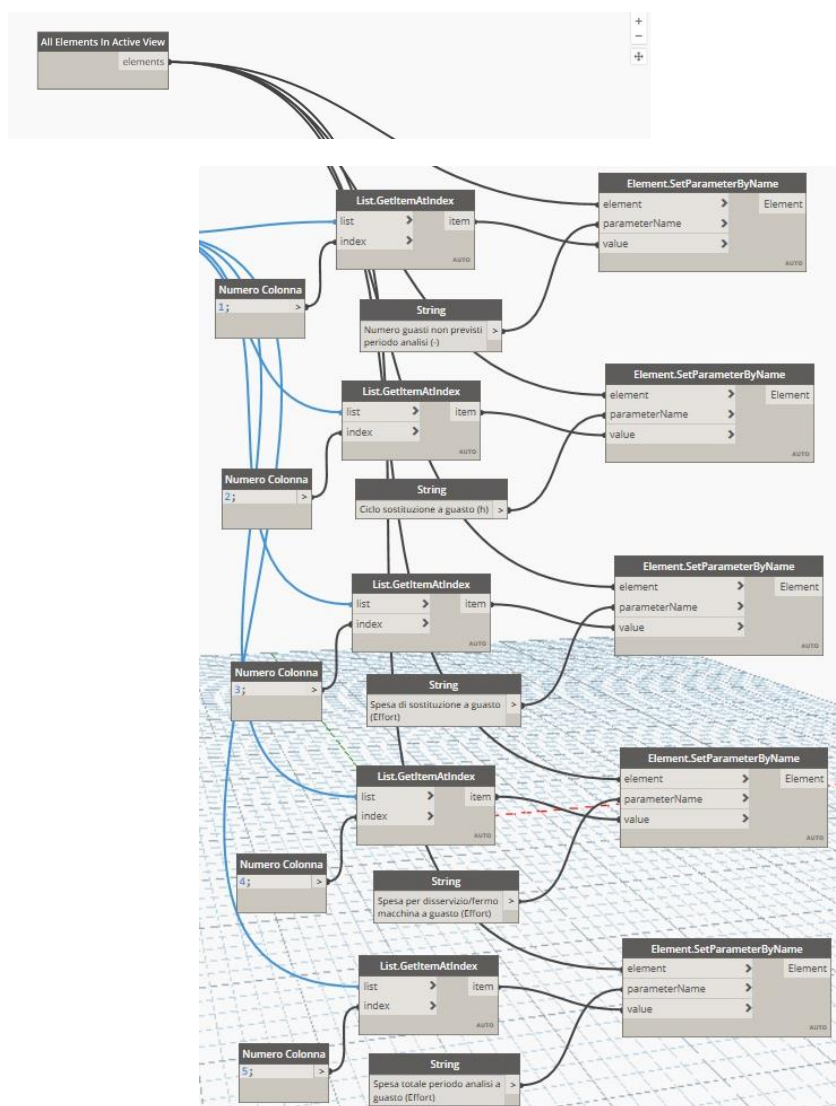


Figura 73 - Rappresentazione ultimi passaggi script importazione dati da file Excel a file Revit
(Immagine estratta da elaborato personale .dyn)

Autodesk Revit 2012 - VERSIONE PER STUDENTI - TRP_TO_MEC_L31_L40_s232793 - Abaco I Use Case_MC_Manutenzione a guasto_Elenco per ISTANZA

Proprietà

Abaco

Abaco I Use Case_MC_Manutenzione a guasto_Elenco per ISTANZA

Dati identità

Modello vista

Nome vista

Dipendenza

Workset

Modificato da

Fasi

Filtro delle fasi

Fase

Altro

Campi

Guida alle proprietà

Browser di progetto - TRP_TO_MEC_L31_L40_s232793

CF SCHEDULE_ELENCO PER TIPO

CN SCHEDULE_ELENCO PER TIPO

II Use Case_MC_Manutenzione a guasto_Elenco p

I Use Case_MC_Manutenzione a guasto_Elenco pe

I Use Case_MPC_Manutenzione preventiva ciclica

I Use Case_MPC_Manutenzione preventiva ciclica

II Use Case_MPC_Manutenzione preventiva ciclica

MC_Manutenzione a guasto_Elenco per ISTANZA

MC_Manutenzione a guasto_Elenco per TIPO

PROVA 1

CF SCHEDULE_ELENCO PER ISTANZA

Modifica abaco/quantità

Pronto

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Famiglia	Tip	Luogo	Sistema Man	Identificativo	Numero guasti non gravi	Ciclo sostituzione a gu	Spesa di sostituzione a gu	Spesa per disservizio/fermo ma	Spesa totale periodo
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00121	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00122	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00123	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00124	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00125	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00126	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00127	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00128	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00129	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00215	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00216	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00217	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00218	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00219	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00220	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00221	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00222	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00223	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00224	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00225	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00226	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00227	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00228	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00229	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00230	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00231	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00232	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00233	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00234	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00235	3	250000	135	675	810
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140 91	SM	TRP_TO_MEC_Condotta circolare_RE_VAR_L33_00236	3	250000	135	675	810

Figura 74 - Rappresentazione abaco multicategoria sistema manutenzione a guasto compilato (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

2.7.3. Manutenzione preventiva programmata

«Per manutenzione preventiva ciclica, in ambito RCM, si vogliono intendere tutte le attività volte a ripristinare le condizioni operative originali del sistema e che hanno luogo con cadenze cicliche programmate ad età costante del sistema oppure a durata di funzionamento data. Si discuterà pertanto sia di ripristino *as good as new* del sistema sia di attività di sostituzione programmata dei componenti. In entrambi i casi gli aspetti relativi alla revisione/ripristino e/o alla sostituzione programmata sono trattati nell'ambito degli art. 5.7.3 e 5.7.4 della norma SAE JA 1011»²⁶.

Inoltre, si vuole ricordare una vecchia regola proposta nel 1961 da Bazovsky, oggi giorno ancora applicabile, volta alla manutenzione connessa all'affidabilità:

ispezionare e sostituire i componenti a guasto durante il periodo di vita utile e rimpiazzare preventivamente i componenti anche non guasti, nella fase di usura del componente stesso.

In seguito a tali premesse, si vuole presentare un modello matematico finalizzato alla quantificazione dettagliata dell'incremento di affidabilità legato ad interventi manutentivi preventivi ciclici ad età costante, volti a ripristinare ogni volta le funzionalità del sistema come nuovo. Definendo così la $R_m(t)$ affidabilità al determinato tempo t del sistema oggetto di manutenzione preventiva, si ha:

$$R_m(t) = R(T)^n \cdot R(t-nT)$$

Dove:

$R(T)$ è l'affidabilità che si verifica in corrispondenza del primo intervento di manutenzione preventiva;

$R(t-T)$ è l'affidabilità nel tempo addizionale $t-T$ dopo che il sistema è stato ripristinato alle sue condizioni originali nell'istante T ;

T è l'intervallo che intercorre tra due manutenzioni successive;

n è il numero di interventi di manutenzione preventiva eseguiti sul sistema.

L'iter procedurale di calcolo seguito è il medesimo della strategia manutentiva a guasto, con la sola eccezione del modello matematico di simulazione manutentiva utilizzato. Infatti, una volta consolidata la metodologia procedurale da seguire, si sono prima creati i rispettivi *parametri condivisi* che dovevano rappresentare l'output del modello di calcolo, poi sono stati caricati nell'abaco identificativo di tale tipologia manutentiva, con gli stessi elementi

²⁶ La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore

appartenenti a categorie differenti della precedente strategia ma supportato dai nuovi parametri. Passaggio successivo è stato quello di creare una nuova coppia di script Dynamo in grado di soddisfare le esigenze di esportazione e importazione dei dati contenuti in tali colonne parametriche. Tale operazione è stata svolta mediante un semplice *copia/incolla* dei file .dyn della precedente manutenzione apportando come modifiche solo i nominativi dei nuovi parametri manutentivi. Una volta esportato i campi interessati dal file revit al file excel, si è intrapresa l'elaborazione del format matematico di calcolo come nel caso precedente. Il risultato del processo è stato:

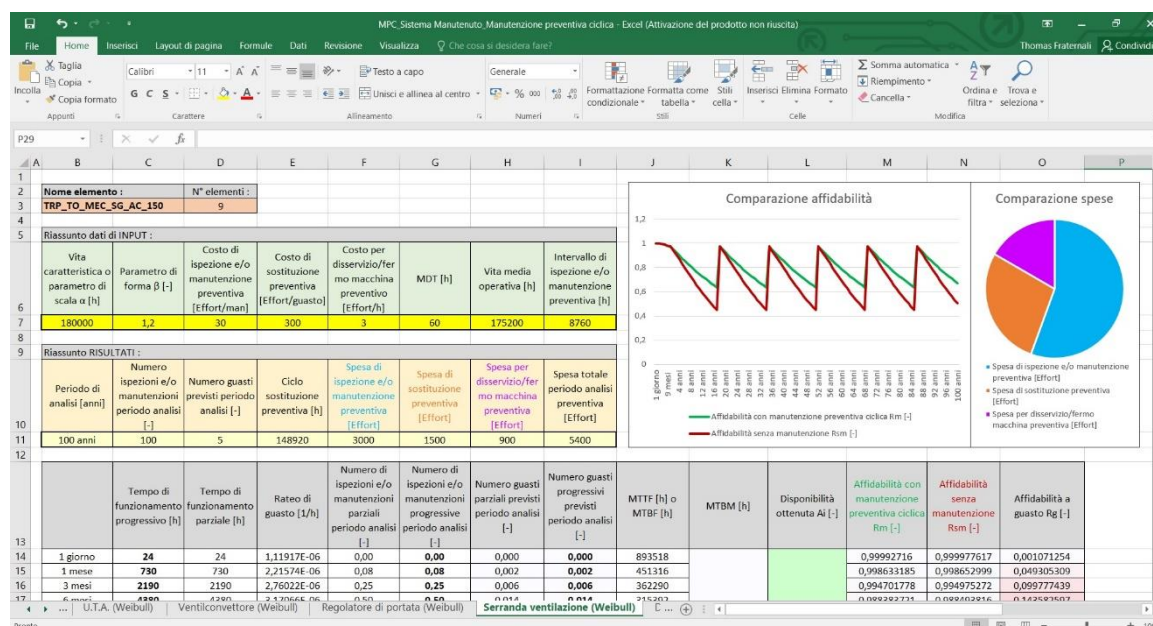


Figura 75 – Rappresentazione format foglio completo excel per manutenzione preventiva ciclica degli elementi (Immagine estratta da elaborato personali .xlsx)

Dove come difformità dal precedente caso si rivelano, il maggior numero di dati di input, conseguenza della scelta di seguire una differente distribuzione statistica quale quella di *Weibull*. Essa infatti prevede due dati in input per il soddisfacimento delle varie formule finalizzate al calcolo dell'affidabilità finale, una voce in più di costo inerente all'esecuzione della manutenzione che precedentemente non era prevista, ed alcuni parametri temporali sempre richiesti all'interno delle formule del procedimento descritto nei paragrafi precedenti.

Più specificatamente, il primo passaggio è stato anche in questo caso quello di costruire la triplice colonna temporale come nel caso precedente, poi si è svolto il calcolo del *rateo di guasto*, che nel presente caso risulta dipendente dai *parametri di scala e forma* oltre che dalla variazione temporale. Poi è stato calcolato il *numero di ispezioni e dei guasti* ponendo rispettivamente una colonna in grado di conteggiare l'andamento relativo ed una quello progressivo. In seguito si sono calcolati i parametri temporali tra due guasti successivi e tra manutenzioni successive. Si è poi valutata la disponibilità del sistema, ed infine il dato più caratteristico, ovvero quello *dell'affidabilità con manutenzione preventiva*

ciclica, con la formula descritta precedentemente, per porla in comparazione con *l'affidabilità senza manutenzione* e poter così valutare l'entità dell'incremento affidabilistico ottenibile mediante l'esecuzione di una strategia manutentiva preventiva ciclica. Al termine di tali passaggi matematici si è voluto fornire uno strumento di visualizzazione più immediato, come nel caso precedente, mediante un diagramma a linee, per poter cogliere immediatamente il valore della differenza di affidabilità. Infine, sempre in continuità di format al caso manutentivo precedente, si è voluto determinare il valore di affidabilità a guasto inerente il valore preventivo, semplicemente sostituendo anche sta volta, la variabile temporale con il valore progressivo di MTBF, in modo da individuare il momento in cui eseguire la sostituzione preventiva prima del raggiungimento di medesimi valori tra le due affidabilità. In virtù di tali parametri, anche questa volta si è voluto visualizzare meglio tali risultati mediante un grafico:

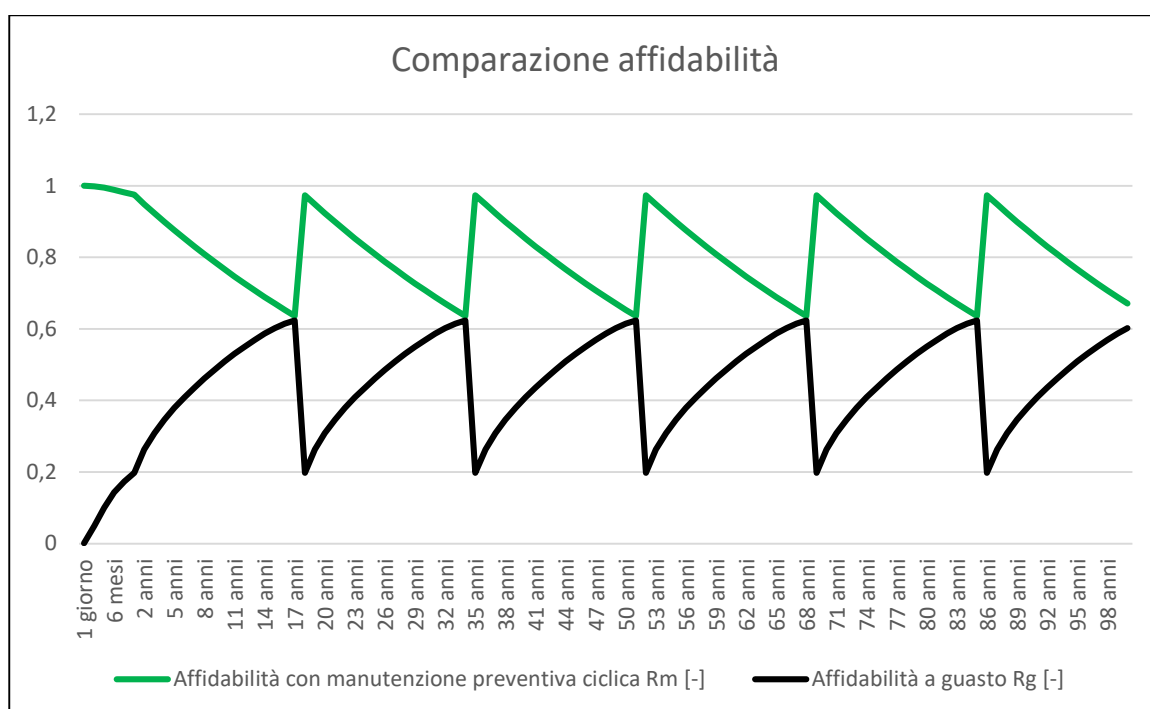


Figura 76 – Rappresentazione esempio diagramma comparativo affidabilità manutenzione programmata ciclica (Immagine estratta da elaborato personale .xlsx)

Dopo il calcolo delle affidabilità si è passati al calcolo di tutte le voci di spesa in accordo con quelle descritte per la manutenzione a guasto a differenza della voce inerente alla spesa di manutenzione che è stata determinata in relazione al numero di manutenzioni eseguite nel periodo di analisi. Pure in questa occasione è stato realizzato un diagramma a torta per permettere una miglior stima del peso proprio dei valori parziali di spesa.

Terminata anche in questo caso la compilazione di tutti i fogli excel corrispondenti a tutti gli elementi tipologici presenti nel sistema, sono stati riportati i dovuti risultati di output riassunti in tabella nella pagina iniziale del file .xlsx, al fine poi di eseguire l'importazione di tali valori nell'adeguato abaco all'interno del file .rvt oggetto di tesi.

2. Metodologia

Architettura

Struttura

Sistemi

Interno

Arreda

Analizza

Visualizza e pianifica

Collabora

Visualizza

Gestisci

Modelli aggiuntivi

Modifica

Modifica abaco/quantità

Categorie m

familya

Univato

Calcolato

Combina parametri

Inserisci

Elimina

Ridimensiona

Nascondi

Scopri tutto

Inserisci

Inserisci riga di dati

Elimina

Ridimensiona

Unisci

Separare

Innervigati

Cancella

Raggruppa

Scomponi

Ombreggiatura

Carattere

Bordi

Alinea orizzontalmente

Ripristina

Alinea verticalmente

Evidenzia nel modello

Proprietà

Abaco

Abaco: I Use Case_MPC_Manutenzione preventiva ciclica_Elenco per Istanza

Identità

Modello vista

Nome vista

Dipendenza

Visualizza dettagli di "Abaco: I Use Case_MPC_Manutenzione preventiva ciclica_Elenco per Istanza"

Fasi

Intero delle fasi

Fase

Altri

Campi

Guida alle proprietà

Browser di progetto - TRP_TO_MEC.L31.L40.s232793

CT - SCHEDULE_ELENCO PER TIPO

CT - SCHEDULE_ELENCO PER Istanza

CT - SCHEDULE_ELENCO PER TIPO

I Use Case_MPC_Manutenzione a guasto_Elenco p

I Use Case_MPC_Manutenzione a guasto_Elenco p

I Use Case_MPC_Manutenzione preventiva ciclica_Elenco per Istanza

I Use Case_MPC_Manutenzione preventiva ciclica_Elenco per Istanza

MC_Manutenzione a guasto_Elenco per Istanza

MC_Manutenzione a guasto_Elenco per TIPO

PROVA 1

CT - SCHEDULE_ELENCO PER Istanza

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Famiglia	Tipo	Livello	Sistema Man	Identificativo	Numero speciosi	Numero guasti prev	Ciclo sostituzione p	Spesa di ispezione	Spesa di sostit	Spesa per dissar	Spesa totale
L33 +140.91	Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00121	100	4	210240
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00122	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00123	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00124	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00125	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00126	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00127	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00128	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00129	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00130	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00216	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00217	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00218	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00219	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00220	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00221	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00222	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00223	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00224	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00225	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00226	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00227	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00228	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00229	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00230	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00231	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00232	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00233	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00234	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00235	100	4	210240	500
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC	Condotta circolare	RE_VAR	L33_00236	100	4	210240	500

Modifica abaco/quantità

Pronto

MEP HVAC_Aria_L35 (non modificato)

Modello principale

Figura 77 - Rappresentazione abaco multicategoria sistema manutenzione a guasto compilato (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

3. Risultati ottenuti e criticità riscontrate

I risultati del presente elaborato di tesi sono stati molteplici, a partire da quelli inerenti il BIM model che sono istantaneamente riscontrabili all'apertura del file in quanto corrispondenti alla modellazione geometrica dell'impianto HVAC dei dieci piani dal L31 al L40 del Grattacielo della Regione Piemonte, passando per quelli inerenti la compilazione parametrica di tutti i componenti del modello che ha permesso un aumento considerevole delle informazioni a disposizione per ognuno di essi in conformità alle linee guida finalizzate all'ottenimento di uno standard lavorativo comune, fino all'ottenimento quasi totale degli obiettivi iniziali prefissati.

Obiettivo principale era infatti l'individuazione di tre *use cases* realizzabili mediante i dati di output ottenuti con il presente trattato. Tale risultato infatti è stato raggiunto, grazie ai presenti casi uso:

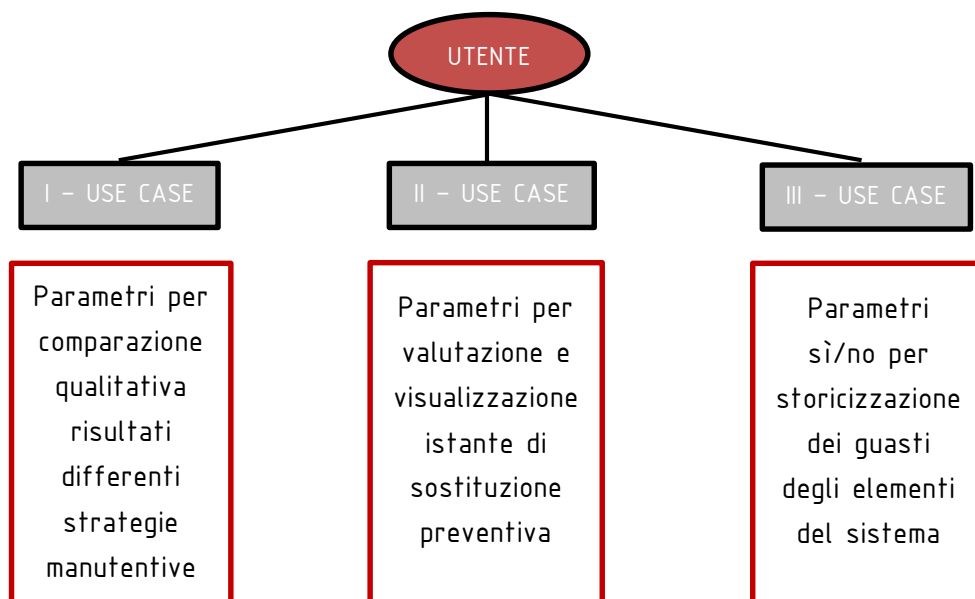
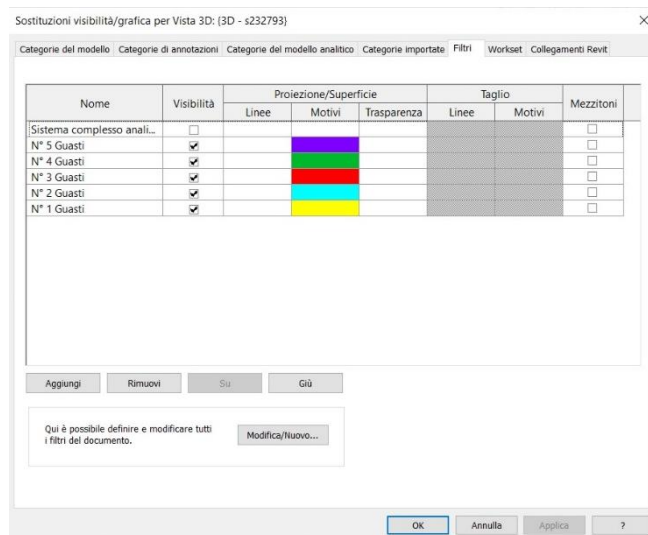


Figura 78 – Schema definizione *use cases* (Elaborato personale)

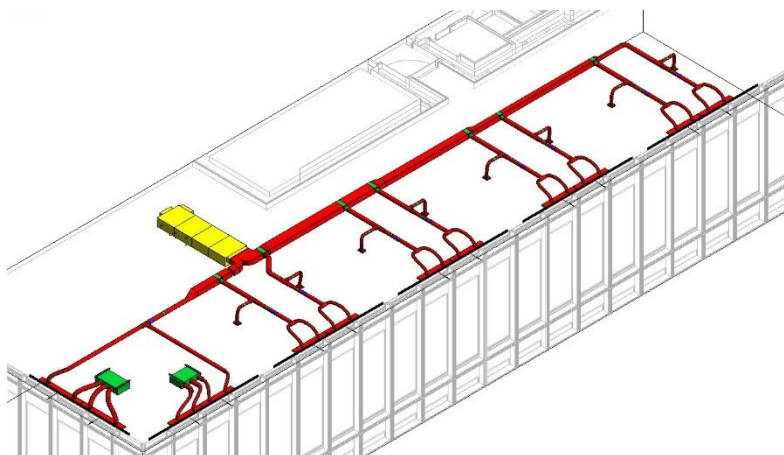
I – USE CASE

Il primo caso di uso è stato determinato grazie alla potenzialità di visualizzazione propria di Revit 2017, infatti è stato possibile visionare i risultati dei calcoli manutentivi, non solo grazie al supporto numerico/tabellare degli *abachi di quantità*, ma anche grazie a *viste 3D* attraverso l'utilizzo di differenti colorazioni per ogni valore del parametro specifico, definendo precedentemente una legenda in grado di rendere interpretabili i risultati.

La prima comparazione grafica è stata effettuata tra i risultati relativi al numero di guasti previsti e non relativi alle due strategie. È stato sufficiente inserire dei *filtri di visualizzazione* alla voce *sostituzione visibilità/grafica* inserendo come parametri di filtro i rispettivi parametri manutentivi relativi al numero di guasti ed applicare un motivo colorato per ogni singolo valore.



Manutenzione correttiva a guasto



Manutenzione preventiva ciclica

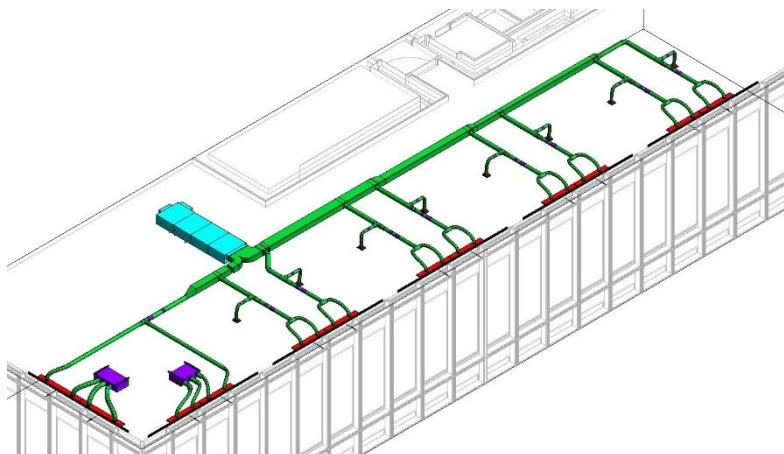
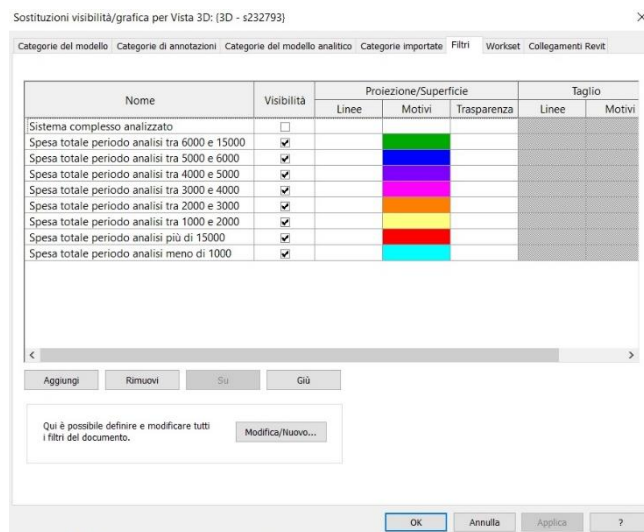
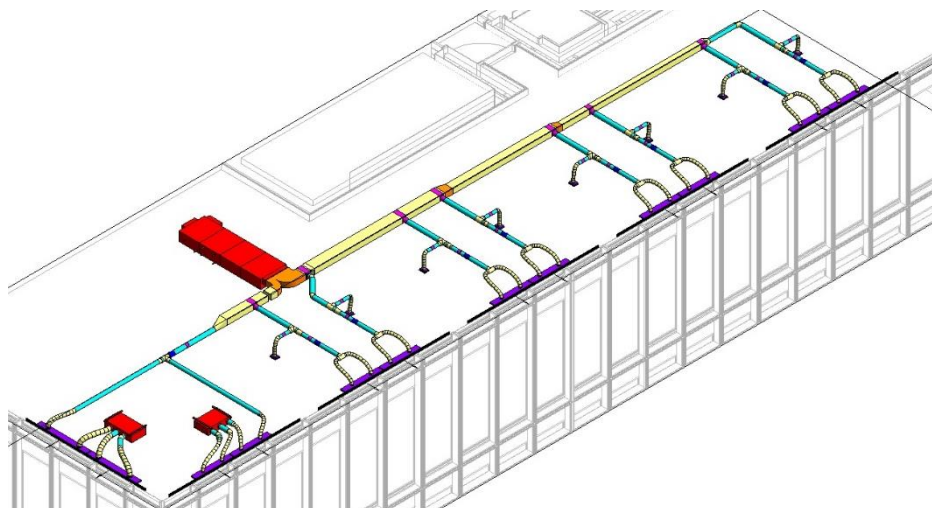


Figura 79 – Rappresentazione comparazione grafica risultati numero di guasti delle due strategie manutentive (Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

Una seconda comparazione grafica è stata eseguita mediante alcune fasce di spesa del valore di spesa totale di ogni elemento nel periodo analizzato. Questa rappresentazione permette di comprendere rapidamente quelli che sono stati i componenti più costosi.



Manutenzione correttiva a guasto



Manutenzione preventiva ciclica

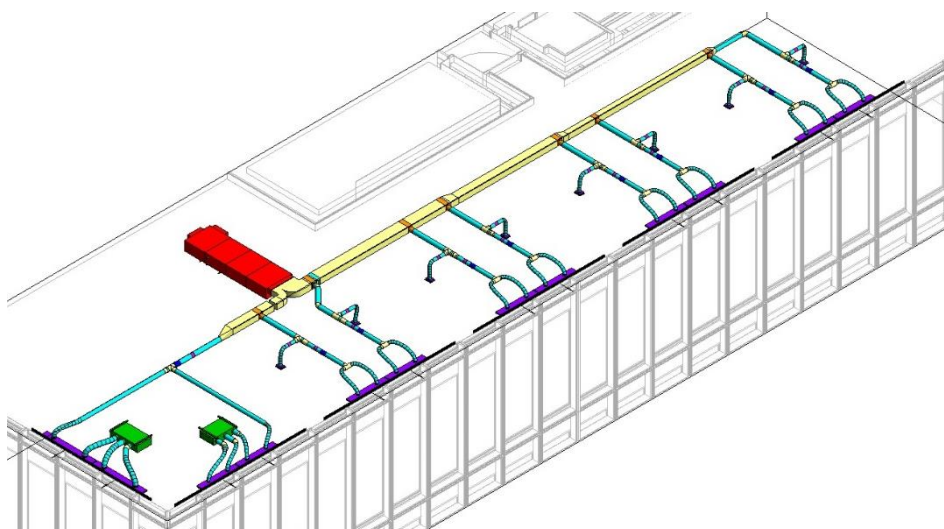
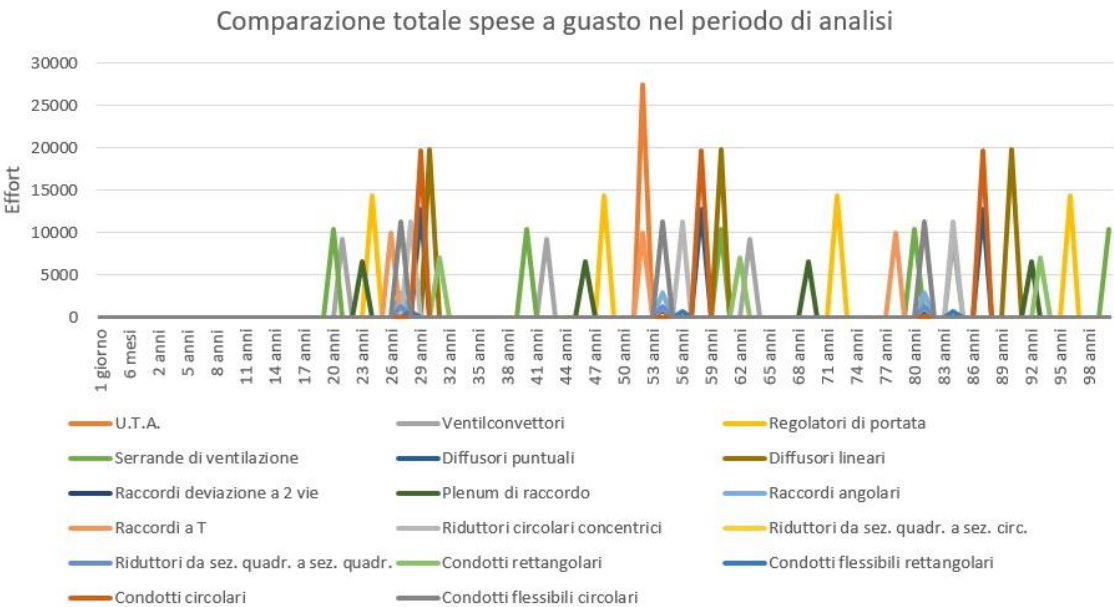


Figura 80 - Rappresentazione comparazione grafica risultati spesa totale delle due strategie manutentive (Immagine estratta elaborato Revit tesi)

Una ulteriore visualizzazione della seconda comparazione è stata resa possibile mediante una riscrittura, in un nuovo foglio excel per ogni strategia manutentiva, di tutti quelli che sono stati i valori delle spese parziali di ogni elemento del sistema distribuite lungo tutto il periodo di analisi. Successivamente sono stati calcolati i valori totali annui delle spese per ogni tipologia di componente in funzione del numero totale di componenti specifici presenti. In questo modo, si è ottenuto un profilo annuo delle spese totali di ogni tipologia di componente. In seguito si è fatta la somma dei totali annui di spese tra tutti i componenti, in modo da determinare un profilo annuo di spesa totale di tutto il sistema.

Figura 81 - Rappresentazione esempio foglio profili di spesa totale annui strategia manutentiva preventiva ciclica (Immagine estratta da elaborato personale .xlsx)

Per eseguire la rappresentazione di tali risultati, si è scelta anche la forma visualizzazione più intuitiva del grafico lineare, eseguendo una rappresentazione delle spese totali per ogni gruppo di componenti, per ogni strategia, al fine di visualizzare immediatamente quelli che sono stati i gruppi di elementi più influenti in termini di spesa.



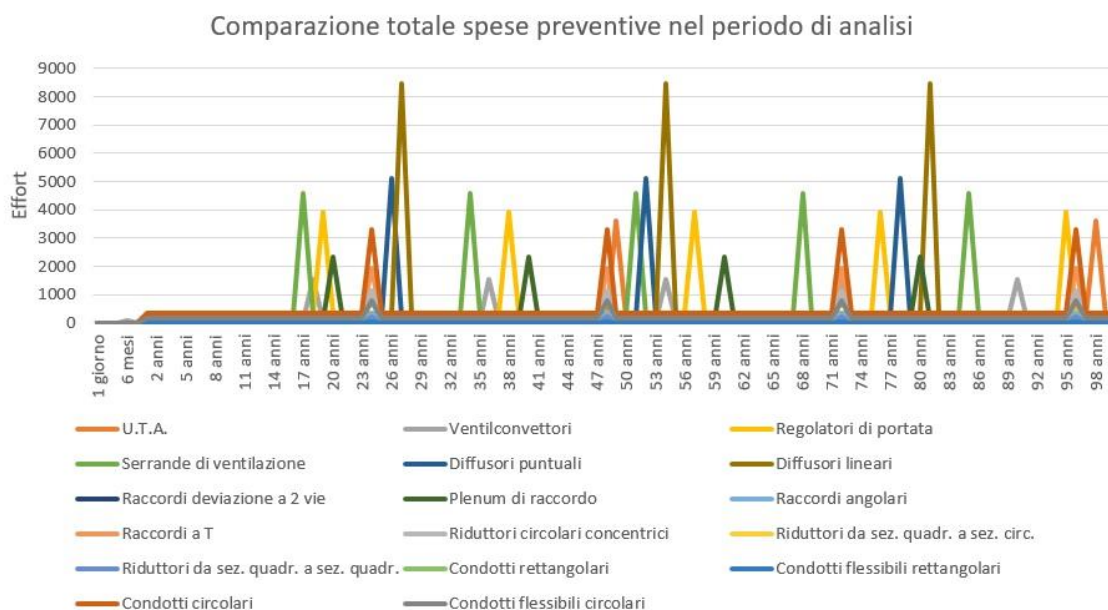


Figura 82 - Rappresentazioni comparazioni pesi di spesa tipologie di elementi
(Immagine estratta da elaborati personali .xlsx)

Ed infine è stata svolto un diagramma di inviluppo per entrambi i tipi di manutenzione e riuniti i risultati in un unico diagramma al fine di evidenziare le differenze nel corso del periodo di analisi tra le due strategie manutentive.

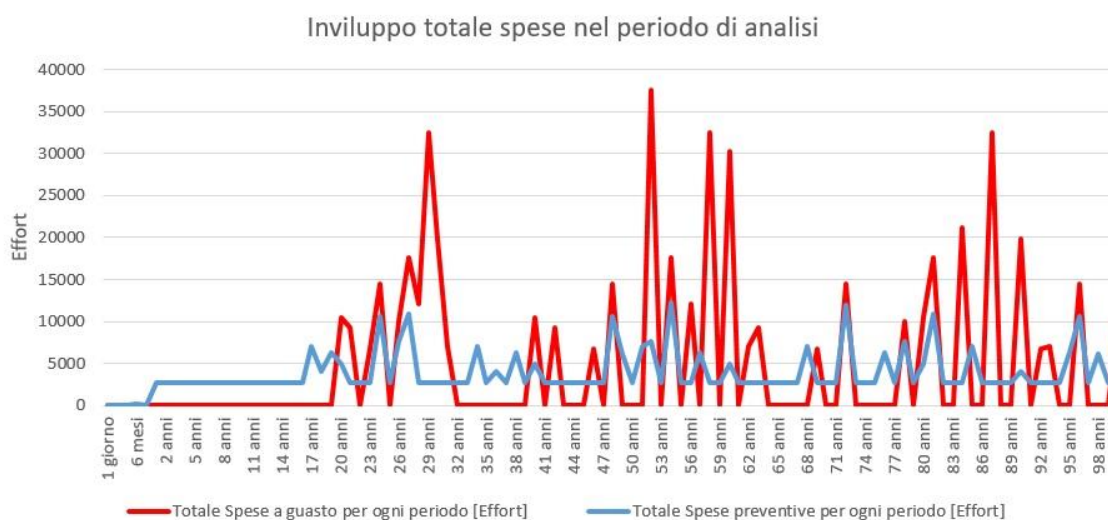


Figura 83 - Rappresentazione inviluppo comparativo delle spese totali delle due strategie manutentive
(Immagine estratta da elaborato personale .xlsx)

Un'ultima applicazione è stata realizzata non eseguendo una comparazione tra i risultati delle due manutenzioni, ma rendendo visibile i diversi intervalli di manutenzione dei componenti del sistema.

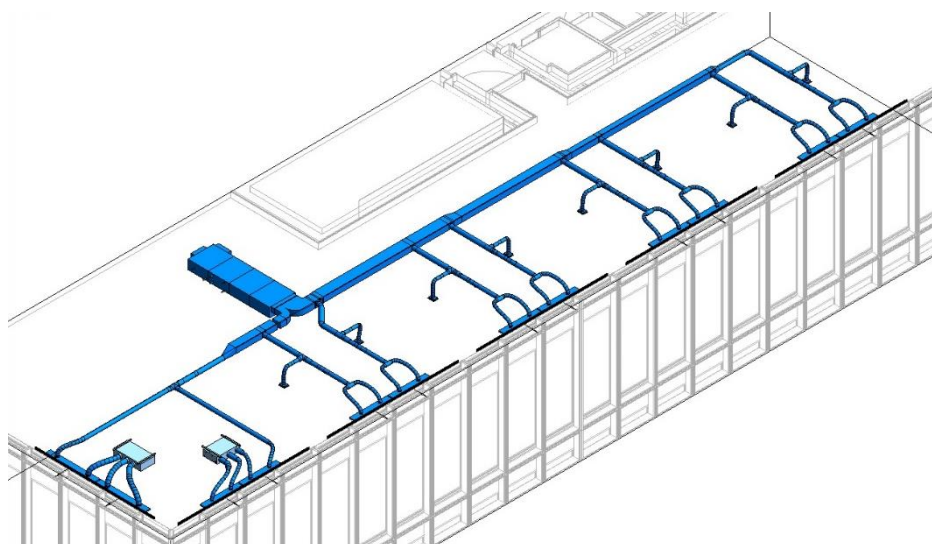
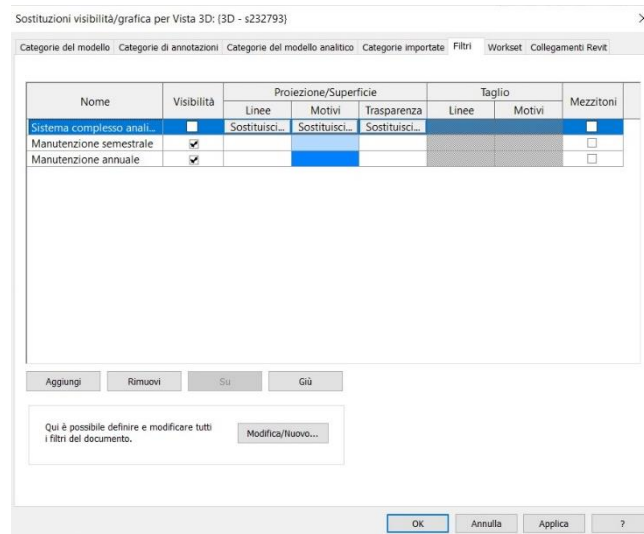


Figura 84 - Rappresentazione grafica risultati intervalli di manutenzione
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

II – USE CASE

Il secondo use case prevede il confronto del parametro manutentivo preventivo temporale *ciclo di sostituzione preventiva* con un nuovo parametro condiviso chiamato *tempo di funzionamento da sonda contaore*. Tale confronto è basato sull'installazione di un dispositivo sonda in grado di contare le ore di funzionamento dell'elemento, e potendo leggere in tempo reale tali valori all'interno del parametro creato. Questa particolare applicazione è leggibile sia a livello numerico mediante un abaco multicategoria, sia a livello grafico mediante una visualizzazione 3D. Più dettagliatamente è stato prodotto un ulteriore parametro in grado di effettuare l'azione di comparazione e di diventare di colore rosso al momento in cui è richiesta la sostituzione dell'elemento.

Tale simulazione è stata eseguita arbitrariamente simulando di effettuare il controllo degli elementi appartenenti al sistema analizzato dopo 23 anni di funzionamento.

Famiglia	Tipo	Livello	Sistema Manut.	Identificativo	Ciclo sostituzione preventiva (h)	Tempo funzionamento da sonda contatore (h)	Stato elemento	Conteggio
L33 +140.91								
Condotta circolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM		210240	201480	Funzionante	73
Condotta flessibile	RE_VAR	L33 +140.91	SM		210240	201480	Funzionante	32
Condotta flessibile	RE_VAR	L33 +140.91	SM		210240	201480	Funzionante	2
Condotta rettangolare	RE_VAR	L33 +140.91	SM		210240	201480	Funzionante	14
TRP_TO_MEC_CD_RA_150x140		L33 +140.91	SM		210240	201480	Funzionante	3
TRP_TO_MEC_DB_AC_BL61		L33 +140.91	SM		236520	201480	Funzionante	5
TRP_TO_MEC_DC_AC_BL61		L33 +140.91	SM		236520	201480	Funzionante	1
TRP_TO_MEC_DD_AC_BL62		L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC_DD_AC_BL62_L33_00001	236520	201480	Funzionante	1
TRP_TO_MEC_DE_AC_BL62		L33 +140.91	SM		236520	201480	Funzionante	1
TRP_TO_MEC_DF_AC_B0		L33 +140.91	SM		227760	201480	Funzionante	8
TRP_TO_MEC_DG_AC_150		L33 +140.91	SM		210240	201480	Funzionante	2
TRP_TO_MEC_DB_AC_150		L33 +140.91	SM		166440	201480	Funzionante	17
TRP_TO_MEC_RH_RA_125		L33 +140.91	SM		210240	201480	Funzionante	8
TRP_TO_MEC_RI_RA_150		L33 +140.91	SM		210240	201480	Funzionante	9
TRP_TO_MEC_RK_RA_300x200		L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC_RK_RA_300x200_L33_00001	175200	201480	Funzionante	2
TRP_TO_MEC_RK_RA_300x200		L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC_RK_RA_300x200_L33_00001	175200	201480	Funzionante	2
TRP_TO_MEC_RH_RA_125		L33 +140.91	SM		210240	201480	Funzionante	1
TRP_TO_MEC_RH_RA_125		L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC_RH_RA_125_L33_00001	210240	201480	Funzionante	1
TRP_TO_MEC_RH_RA_125		L33 +140.91	SM		148800	201480	Funzionante	10
TRP_TO_MEC_TC_RA_200x200		L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC_TC_RA_200x200_L33_00001	210240	201480	Funzionante	11
TRP_TO_MEC_TC_RA_200x200		L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC_TC_RA_200x200_L33_00001	210240	201480	Funzionante	1
TRP_TO_MEC_TC_RA_200x200		L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC_TC_RA_200x200_L33_00001	210240	201480	Funzionante	2
TRP_TO_MEC_UA_SO_T01		L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L33_00001	425040	201480	Funzionante	1
TRP_TO_MEC_VI_TE_L03		L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC_VI_TE_L03_L33_00003	157680	201480	Funzionante	1
TRP_TO_MEC_VK_TE_L03		L33 +140.91	SM	TRP_TO_MEC_VK_TE_L03_L33_00001	157680	201480	Funzionante	1
Totale generale:					228			

Figura 85 – Rappresentazione numerica tramite abaco applicazione II use case
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

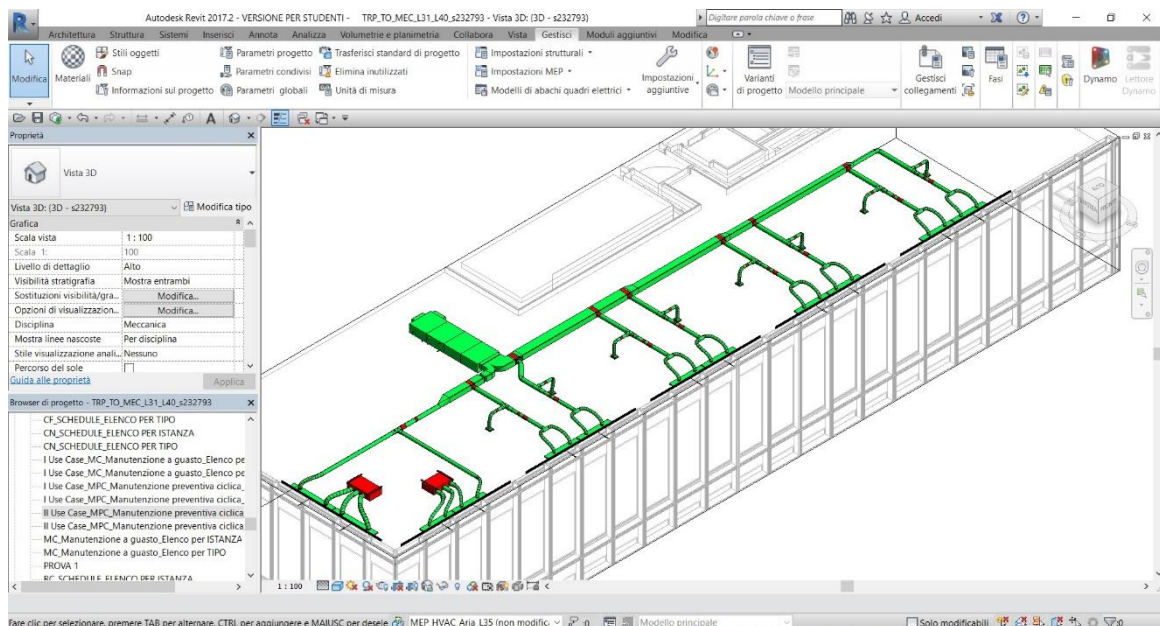


Figura 86 – Rappresentazione grafica tramite vista 3D applicazione II use case
(Immagine estratta da elaborato Revit tesi)

III – USE CASE

Il terzo caso di uso riguarda inizialmente la semplice funzione di Repository del programma, che è propria di un dispositivo come Revit 2017, ed una successiva finalità legata alla storicizzazione dei guasti accaduti ad i vari elementi con l'obiettivo di creare una banca dati utile per la programmazione degli interventi manutentivi futuri. Lo sviluppo di tale use

case però non ha trovato attuazione a causa del ridotto tempo a disposizione per il completamento dell'elaborato di tesi e per colpa della ridotta flessibilità del software BIM utilizzato nella gestione della variabile temporale.

Quest'ultima causale rappresenta l'unica criticità riscontrata nel presente trattato di tesi, in quanto ha rappresentato l'unico impedimento che non ha permesso la definizione e realizzazione del modello matematico manutentivo e di esecuzione del III use case in breve tempo, ma richiedente uno studio più tecnico ed approfondito senza la garanzia di un risultato positivo.

4. Conclusioni e sviluppi futuri

Come già ripetuto più volte nel presente elaborato, obiettivo principale della presente tesi, oltre al raggiungimento degli intenti parziali posti, era quello di sviluppare un BIM model basandosi sul rispetto di determinate regole e linee guida dettate in precedenza da altri collaboratori, con il fine di testare, verificare e sviluppare la funzionalità della metodologia operativa e la sua interoperabilità con altri dispositivi informatici.

Avendo avuto a che fare, durante tutta la durata del percorso di tesi, con interscambio di informazioni e dati con collaboratori che si occupavano di altre discipline si è potuto appurare un elevato grado di interoperabilità del programma nel momento in cui gli operatori seguono forme di linguaggio comune come possono essere le codifiche di identificazione degli elementi, in quanto il software è in grado di riconoscere immediatamente senza eccessivi sforzi ogni elemento su cui si vuole realizzare uno scambio di dati.

Un'altra peculiarità del dispositivo testata è la grande flessibilità ed abilità nel poter trovare sempre una soluzione mediante uno scambio di informazioni e dati con altri software, specialmente nel momento in cui si verifica l'eventualità di non poter eseguire una precisa operazione a causa della parziale rigidità di alcune caratteristiche del programma.

Le potenzialità per eventuali sviluppi futuri sono notevoli, a partire dall'elevata possibilità di definizione dei dati a disposizione di ogni elemento contenuto nel modello, passando per la possibilità di sviluppo della variabile temporale che risolverebbe numerose rigidità riscontrate, arrivando alla progettazione della totalità delle operazioni meccaniche e reiterate attraverso un dispositivo automatizzante come Dynamo, in grado di ridurre notevolmente le tempistiche di realizzazione e gli errori. In altre parole, lo sviluppo tecnologico sta portando tutte le figure appartenenti al processo edilizio ad aggiornarsi a tale tecnologia, nel momento in cui tutti i soggetti interessati parleranno un medesimo linguaggio renderanno ancora più rapidi ed efficaci gli sviluppi degli elaborati mediante questi strumenti, con un conseguente vantaggio per tutte le figure in gioco.

Allegati

Allegato 1 – Tabella codifica categorie, famiglie e tipi

CATEGORIA			FAMIGLIA										TIPO						
Categoria	Codice categoria	Tipologia di famiglia	Progetto	Codice Progetto	Edificio	Codice Edificio	Disciplina	Codice Disciplina	Famiglia	Codice Famiglia	Nomenclatura Famiglia	Funzione	Codice Funzione	Caratteristica	Codice Caratteristica	Nomenclatura Tipo			
Accessori per tubazioni	AT	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC	Collettore pannelli radianti soffitto	CA	TRP_TO_MEC_CA	Accessorio	AC	Derivazioni mandata	3M	AC_3M			
									Collettore pannelli radianti soffitto	CF	TRP_TO_MEC_CF				4M	AC_4M			
									Collettore pannelli radianti soffitto	CG	TRP_TO_MEC_CG				3R	AC_3R			
									Collettore pannelli radianti soffitto	CH	TRP_TO_MEC_CH				4R	AC_4R			
									Valvola di intercettazione	VA	TRP_TO_MEC_VA			Diametro	20	AC_20			
									Valvola di riflato	VB	TRP_TO_MEC_VB				25	AC_25			
											32			AC_32					
									40	AC_40									
Valvola di taratura	VC	TRP_TO_MEC_VC	Diametro	15	AC_15														
	20	AC_20																	
Valvola RW2/13112P	VD	TRP_TO_MEC_VD	Diametro	20	AC_20														
Apparecchi idraulici	AI	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC	Pompa di circolazione idraulica	PB	TRP_TO_MEC_PB	Accessorio	AC	Tipologia	AC	AC_AC			
									AF	AC_AF									
									Scambiatore di calore	SH	TRP_TO_MEC_SH		Sorgente	SO	Tipologia	AC	SO_AC		
											AF	SO_AF							
Attrezzatura meccanica	AM	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC	Griglia di ripresa aria	GA	TRP_TO_MEC_GA	Accessorio	AC	Larghezza x altezza	250x150	AC_250x150			
									Gruppo regolazione pannelli radianti	GB	TRP_TO_MEC_GB				200x150	AC_200x150			
											Tipologia				GR01	AC_GR01			
															GR02	AC_GR02			
															GR03	AC_GR03			
									GR04	AC_GR04									
									Pannello radiante soffitto	PA	TRP_TO_MEC_PA				Terminale	TE	Tipologia	A	TE_A
									B	TE_B									
									Regolatore portata d'aria estrazione	RA	TRP_TO_MEC_RA			AC	Diametro	80	AC_80		
									Regolatore portata d'aria mandata	RB	TRP_TO_MEC_RB					150	AC_150		
											125					AC_125			
											100					AC_100			
											80					AC_80			
									Regolatore portata d'aria mandata VK	RC	TRP_TO_MEC_RC					VK01	AC_VK01		
											VK02					AC_VK02			
											VK03					AC_VK03			
											VK04	AC_VK04							
											VK05	AC_VK05							
											VK06	AC_VK06							
											VK08	AC_VK08							
											VK09	AC_VK09							
									VK11	AC_VK11									
									Raccordo L	RS	TRP_TO_MEC_RS	Larghezza x altezza	1500x200			AC_1500x200			
									Serranda tagliafumo mandata	SA	TRP_TO_MEC_SA		250x150			AC_250x150			
											Larghezza x altezza	400x200	AC_400x200						
									400x400	AC_400x400									
									Serranda tagliafumo ritorno	SB	TRP_TO_MEC_SB		Larghezza x altezza			250x150	AC_250x150		
											400x300	AC_400x300							
									Serranda tagliafuoco circolare ritorno	SC	TRP_TO_MEC_SC		Diametro			125	AC_125		
											250	AC_250							
									Serranda tagliafuoco rettangolare mandata	SD	TRP_TO_MEC_SD		Larghezza x altezza			250x150	AC_250x150		
											400x300	AC_400x300							
									Serranda tagliafuoco rettangolare ritorno	SE	TRP_TO_MEC_SE					200x200	AC_200x200		
											200x250	AC_200x250							
											250x150	AC_250x150							
											400x300	AC_400x300							
									Serranda taratura ritorno	SF	TRP_TO_MEC_SF	Larghezza x altezza	200x200			AC_200x200			
									Serranda ventilazione circolare mandata	SG	TRP_TO_MEC_SG		Diametro			150	AC_150		
									Ventilatore elicocentrifugo	VE	TRP_TO_MEC_VE					125	AC_125		
											Tipologia	F01				AC_F01			
												F02				AC_F02			
												F03				AC_F03			
												F04				AC_F04			
												S03				AC_S03			
									S05	AC_S05									
									Ventil convettore_VC4-01 2 uscite	VF	TRP_TO_MEC_VF	Terminale	TE			Uscite	U2	TE_U2	
									Ventil convettore_VC4-02 1 uscite	VG	TRP_TO_MEC_VG						U1	TE_U1	
									Ventil convettore_VC4-02 2 uscite	VH	TRP_TO_MEC_VH						U2	TE_U2	
									Ventil convettore_VC4-02 3 uscite	VI	TRP_TO_MEC_VI			U3	TE_U3				
									Ventil convettore_VC4-02 4 uscite	VJ	TRP_TO_MEC_VJ			U4	TE_U4				
									Ventil convettore_VC4-03 3 uscite	VK	TRP_TO_MEC_VK			U3	TE_U3				
Ventil convettore_VC2-01 2 uscite	VL	TRP_TO_MEC_VL	U2	TE_U2															
Ventil convettore_VC2 LT	VM	TRP_TO_MEC_VM	U0	TE_U0															
Ventil convettore_VC2-01 LT	VN	TRP_TO_MEC_VN	U0	TE_U0															
Uta_01	UA	TRP_TO_MEC_UA	Tipologia	T01	SO_T01														

99

Raccordi condotti	RC	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC	Deviazione transizione rettangolare	DH	TRP_TO_MEC_DH	Raccordo	RA	400-300	RA_400x300									
									450-150	RA_450x150														
									450-300	RA_450x300	Dimensioni													
									500-200	RA_500x200														
									600-200	RA_600x200														
									600-400	RA_600x400														
									800-250	RA_800x250														
									850-200	RA_850x200	Raggio condotto													
									873-200	RA_873x200														
									100	RA_100														
									125	RA_125														
									150	RA_150														
									200	RA_200														
									250	RA_250														
									Gomito DTM									GD	TRP_TO_MEC_GD	Larghezza x profondità	150-150	RA_150x150		
																		400-200	RA_400x200					
									Gomito rettangolare	GE	TRP_TO_MEC_GE			100-100	RA_100x100									
														150-200	RA_150x200									
														150-250	RA_150x250									
														200-150	RA_200x150									
														200-200	RA_200x200									
														200-250	RA_200x250									
														200-300	RA_200x300									
200-450	RA_200x450																							
250-200	RA_250x200																							
300-200	RA_300x200																							
350-200	RA_350x200																							
400-200	RA_400x200																							
400-300	RA_400x300																							
450-200	RA_450x200																							
Gomito rettangolare, strozzatura ad angolo acuto, innesto sporgente radiale	GF	TRP_TO_MEC_GF	300-150	RA_300x150																				
			300-300	RA_300x300																				
Raccordo a corce	RF	TRP_TO_MEC_RF	Larghezza x altezza	200-200	RA_200x200																			
				450-200	RA_450x200																			
Raccordo a T	RG	TRP_TO_MEC_RG		200-200	RA_200x200																			
				873-200	RA_873x200																			
Raccordo a T a testa bombata circolare	RH	TRP_TO_MEC_RH		Raggio	125	RA_125																		
Raccordo a T circolare	RI	TRP_TO_MEC_RI	125		RA_125																			
			150		RA_150																			
			200		RA_200																			
			250	RA_250																				
Raccordo a T da circolare a rettangolare transizione	RJ	TRP_TO_MEC_RJ	Larghezza x altezza	600-150	RA_600x150																			
873-200	RA_873x200																							
Raccordo a T da rettangolare a circolare transizione	RK	TRP_TO_MEC_RK	Dimensioni	100-100	RA_100x100																			
				150-100	RA_150x100																			
				150-150	RA_150x150																			
				150-200	RA_150x200																			
				200-150	RA_200x150																			
				200-200	RA_200x200																			
				250-150	RA_250x150																			
				300-150	RA_300x150																			
				300-200	RA_300x200																			
				400-200	RA_400x200																			
500-300	RA_500x300	Larghezza x altezza	150-150	RA_150x150																				
200-200	RA_200x200																							
250-250	RA_250x250																							
300-200	RA_300x200																							
300-300	RA_300x300																							
400-200	RA_400x200																							
400-250	RA_400x250																							
400-400	RA_400x400																							
500-500	RA_500x500																							
Raccordo a T rettangolare riduzione	RM		TRP_TO_MEC_RM	150-200	RA_150x200																			
		250-200		RA_250x200																				
Raccordo UTA									RN	TRP_TO_MEC_RN	Tipologia	T2	RA_T2											
Raggio eccentrico gomito rettangolare (gomito DTM)	RO	TRP_TO_MEC_RO	Larghezza x profondità	914,4x457,2	RA_914,4x457,2																			
				150-150	RA_150x150																			
				200-100	RA_200x100																			
				500-200	RA_500x200																			
				150-150	RA_150x150																			
				150-250	RA_150x250																			
				200-150	RA_200x150																			
				200-200	RA_200x200																			

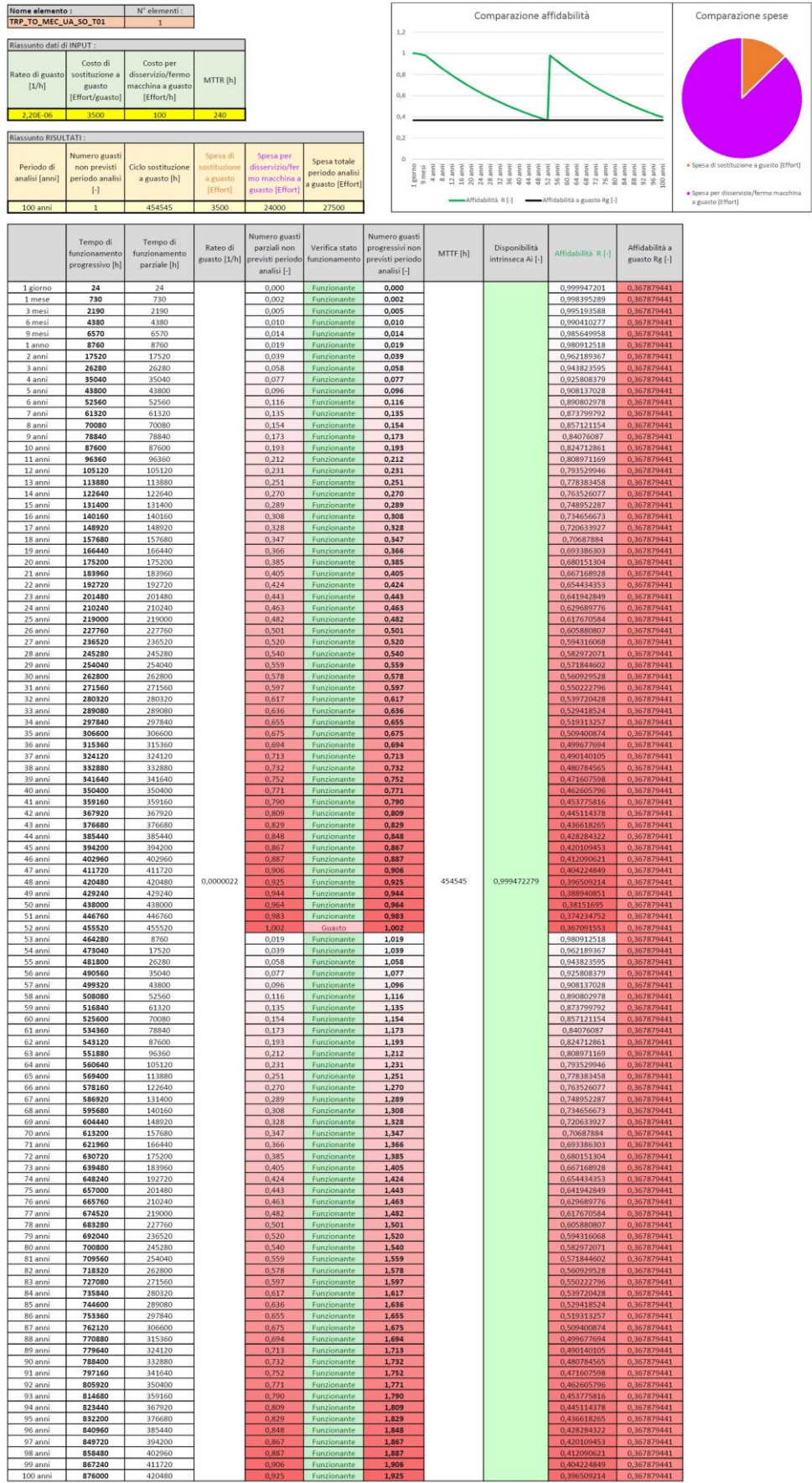
[illegible]

									Raccordo a T	RQ	TRP_TO_MEC_RQ	Scanco condensa	SC	Raggio	16	RA_16
									20	RA_20						
									25	RA_25						
									32,5	RA_32,5						
									20	SC_20						
									5	RA_5						
									10	RA_10						
									12,5	RA_12,5						
									16	RA_16						
									20	RA_20						
									Transizione	TF	TRP_TO_MEC_TF	Raccordo	RA	Raggio	25	RA_25
															VAR	RA_VAR
															32,5	RA_32,5
															7,5	RE_7,5
															10	RE_10
															12,5	RE_12,5
															16	RE_16
															20	RE_20
															25	RE_25
															32,5	RE_32,5
												Scanco condensa	SC	Raggio	20	SC_20
															VAR	RE_VAR
															75	RE_75
															3	RE_3
															5	RE_5
															7,5	RE_7,5
															10	RE_10
															12,5	RE_12,5
															16	RE_16
															20	RE_20
												Scanco condensa	SC	Raggio	75	RE_75
															20	SC_20
															Scanco condensa	SC
															Raggio	

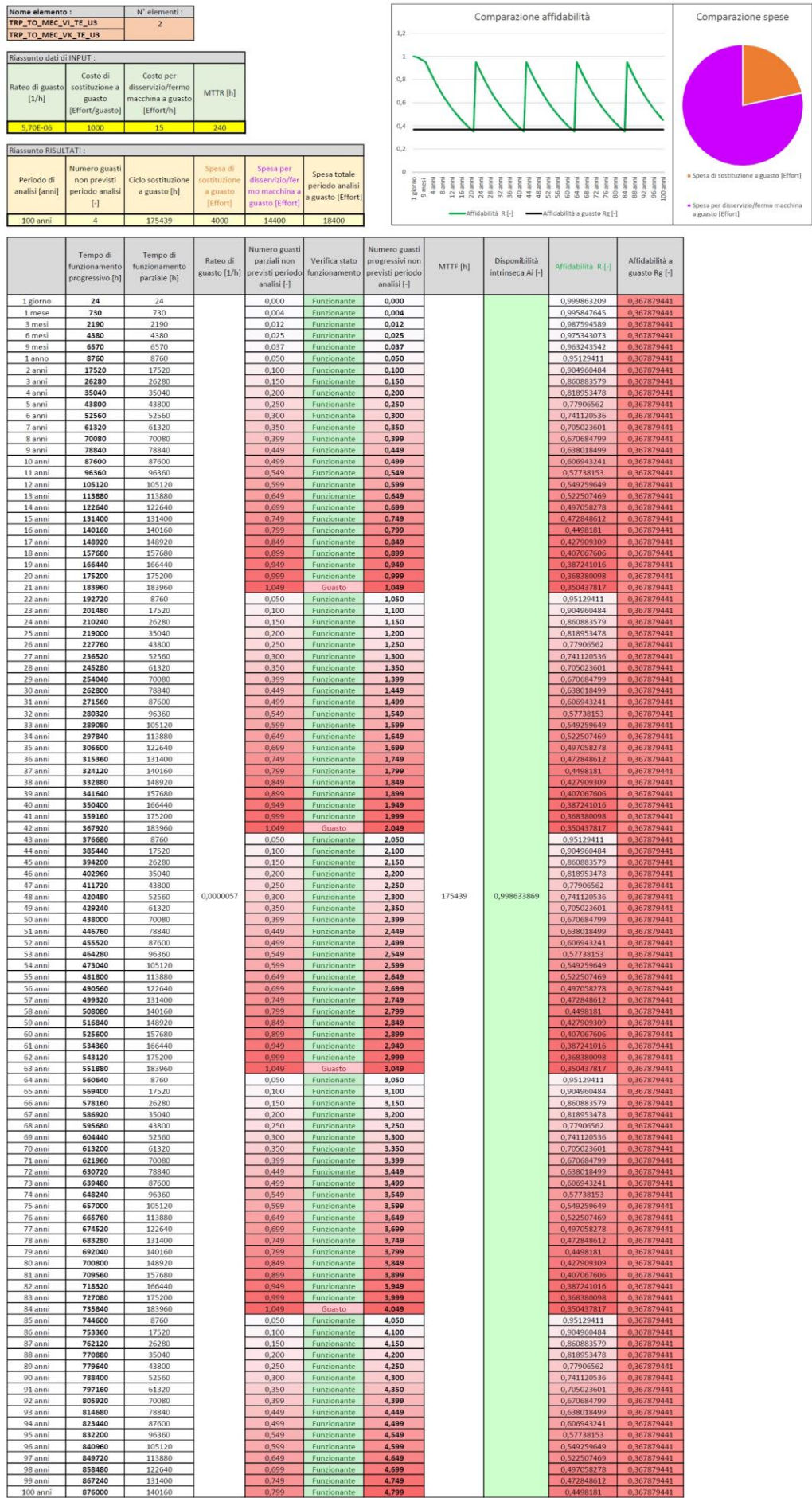
Allegato 2 – Modelli matematici analisi manutentiva

MANUTENZIONE CORRETTIVA A GUASTO

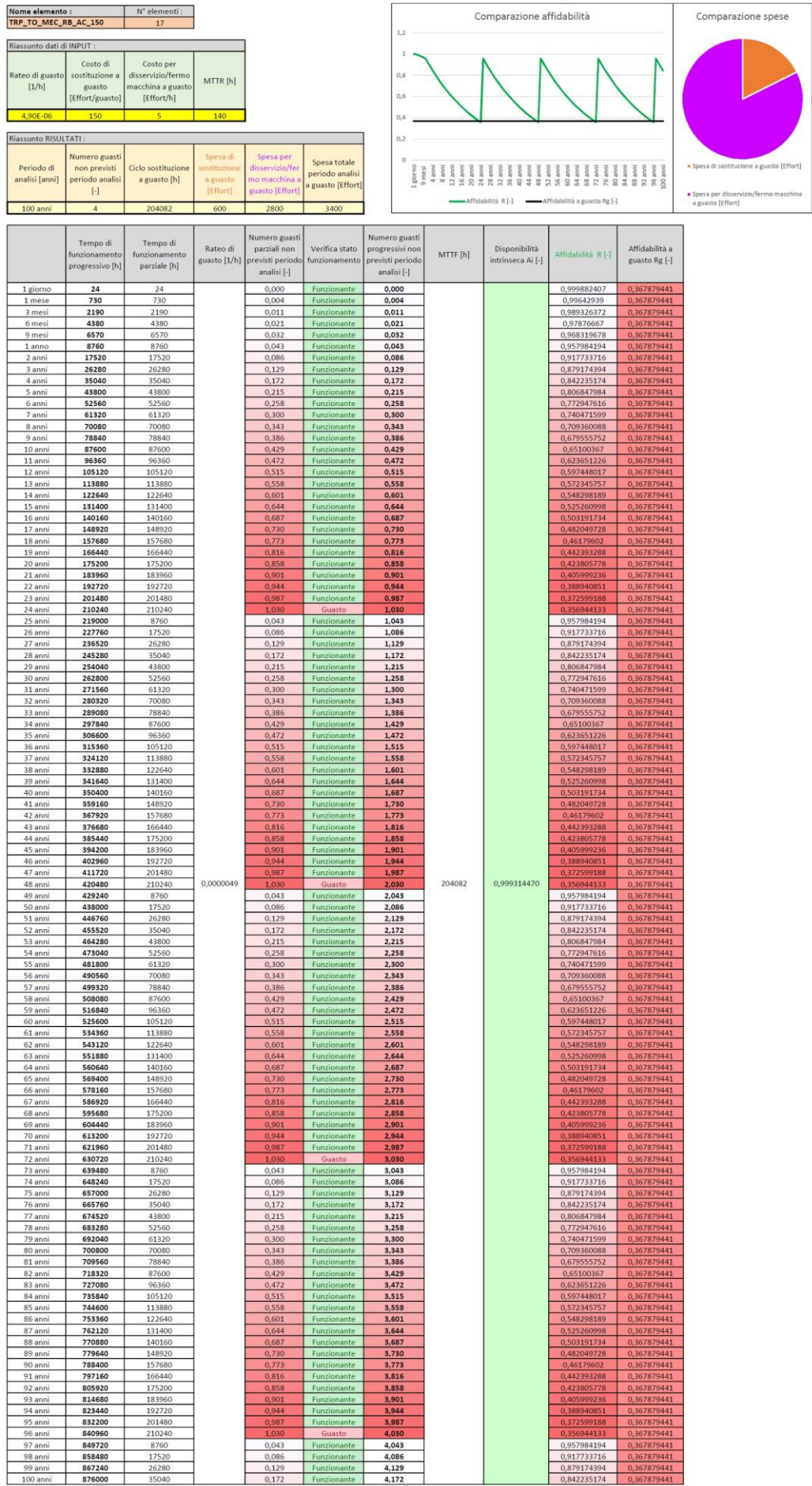
UTA (Esponenziale)



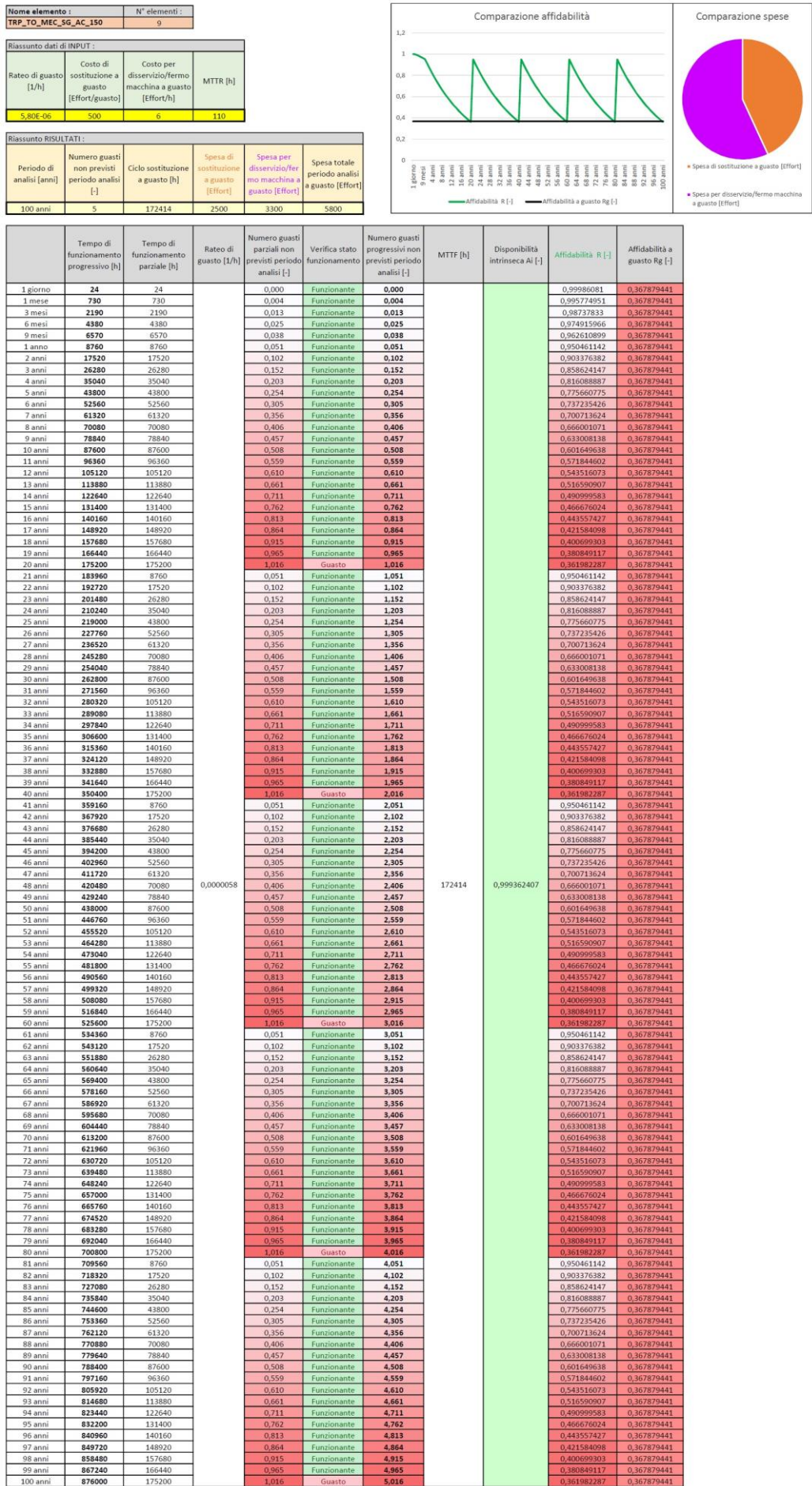
Ventilconvettori (Esponenziale)



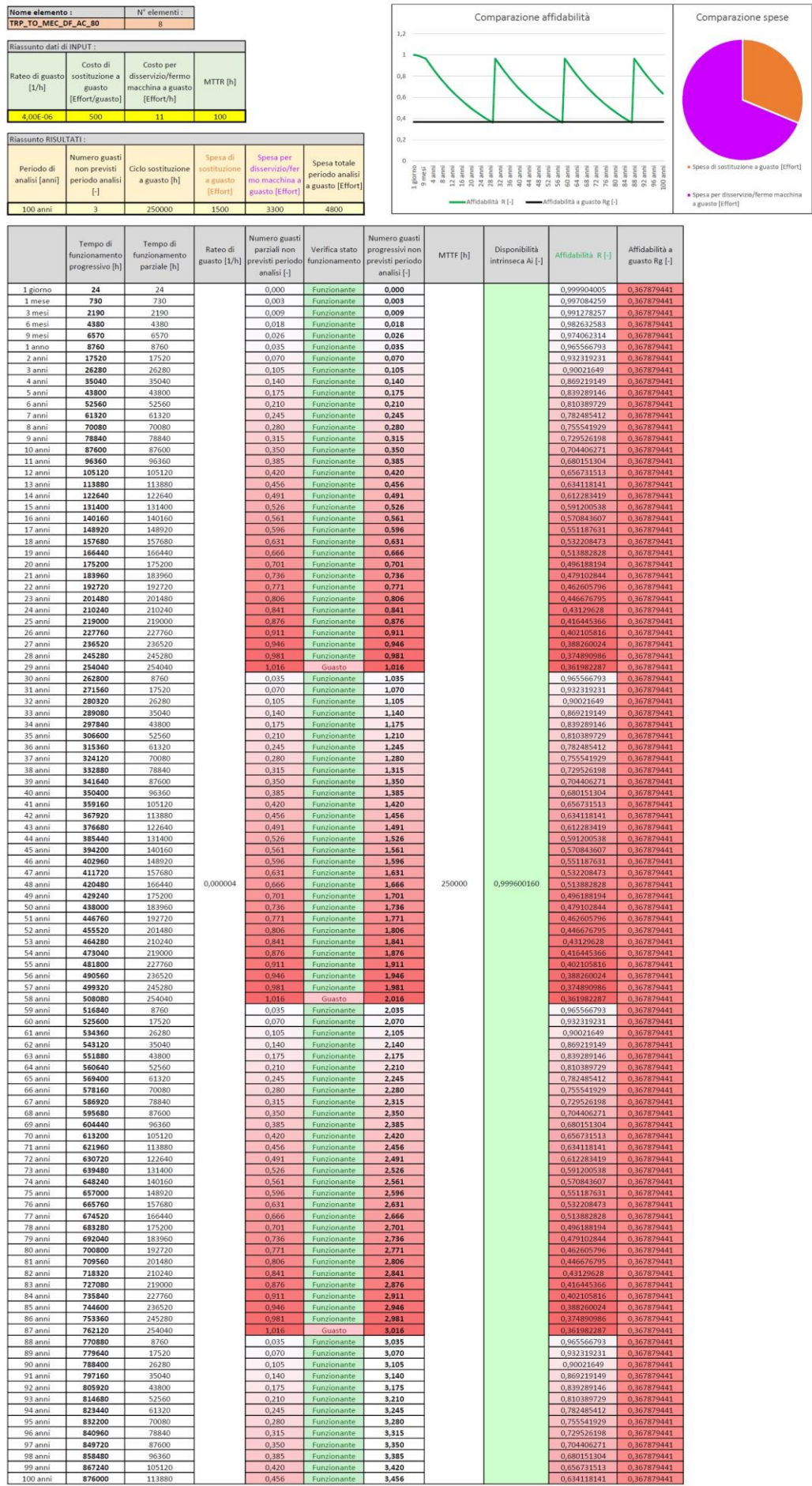
Regolatore di portata (Esponenziale)



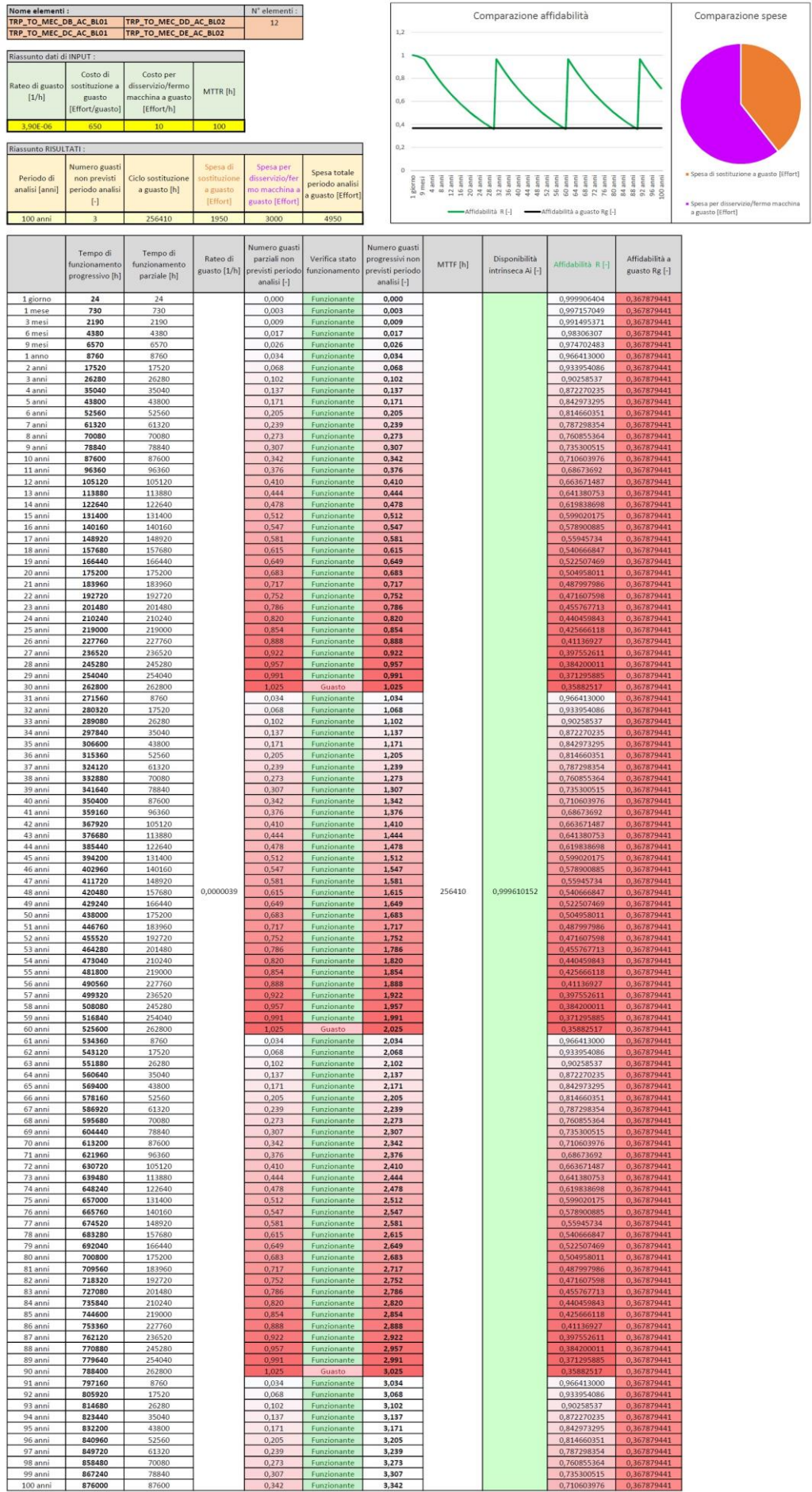
Serranda di ventilazione (Esponenziale)



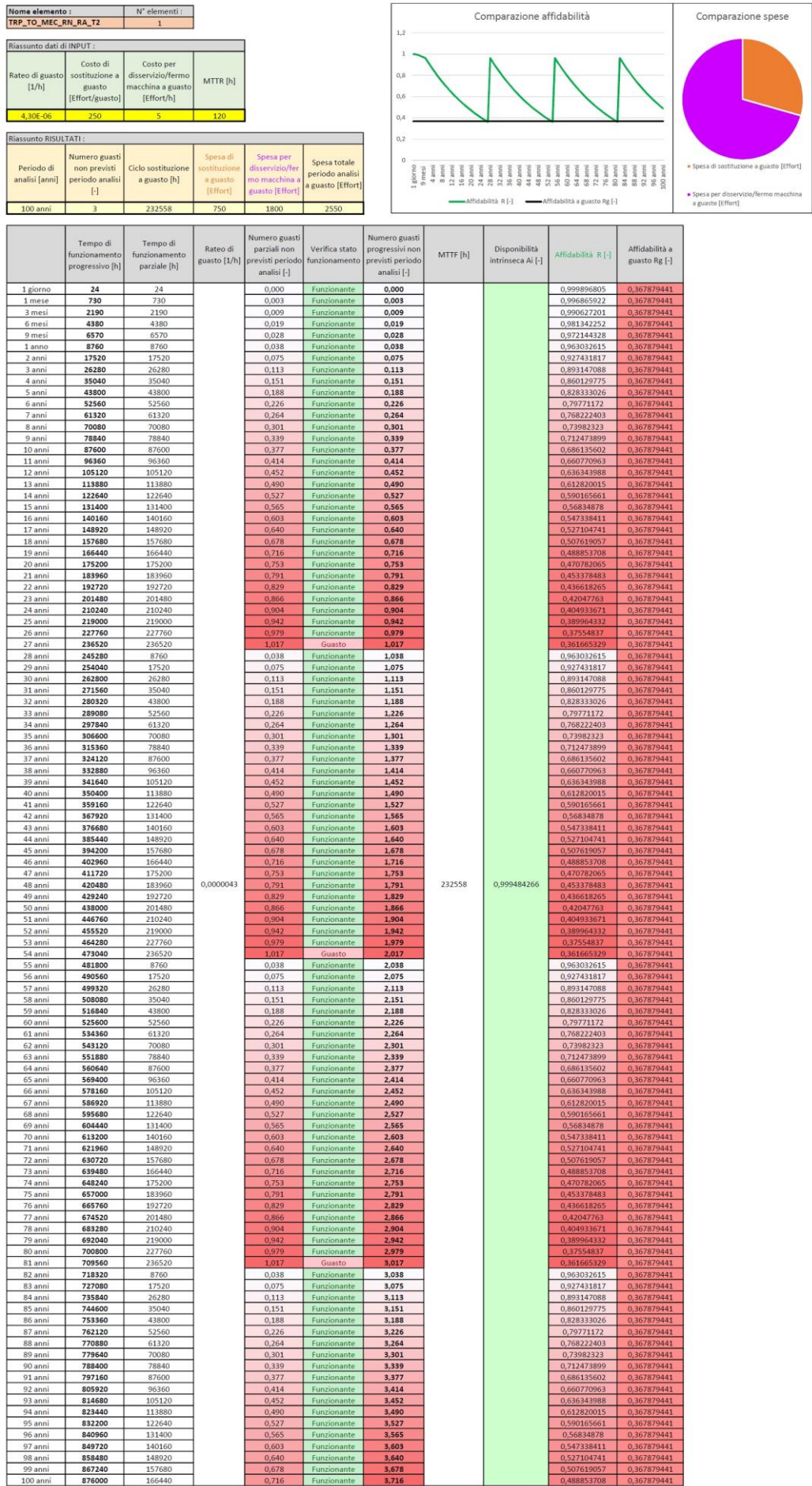
Diffusori puntuali (Esponenziale)



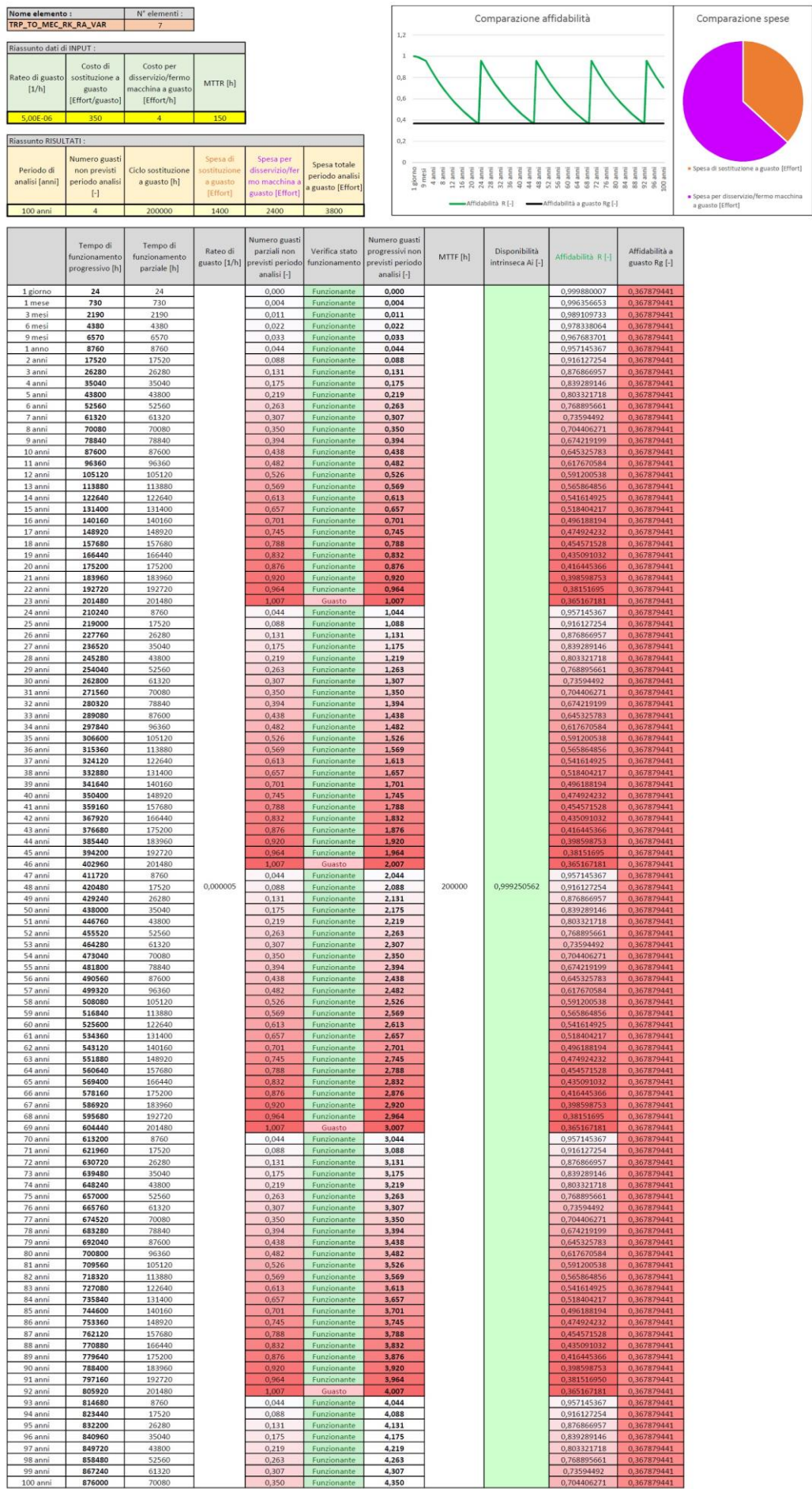
Diffusori lineari (Esponenziale)



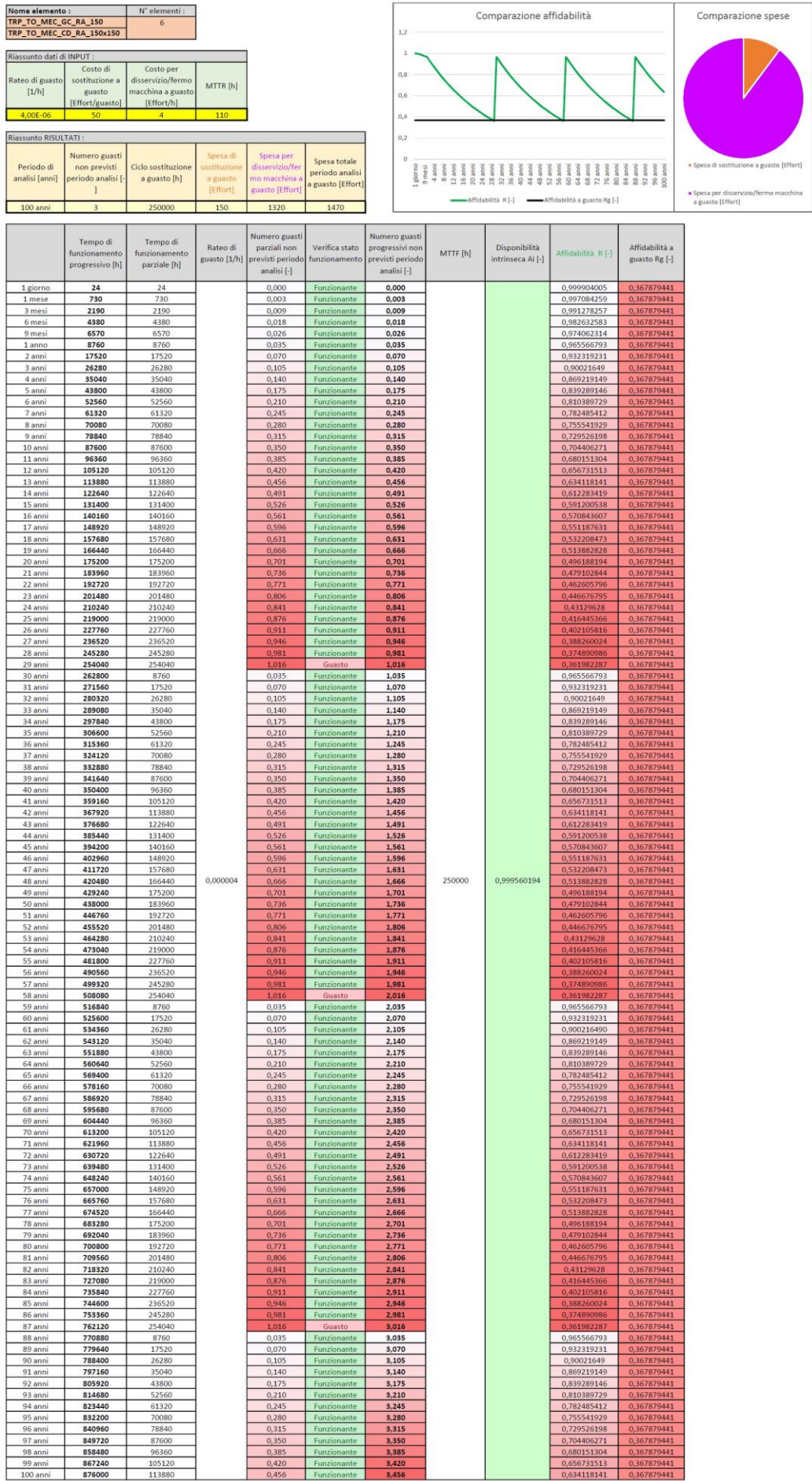
Raccordo deviazione a 2 vie (Esponenziale)



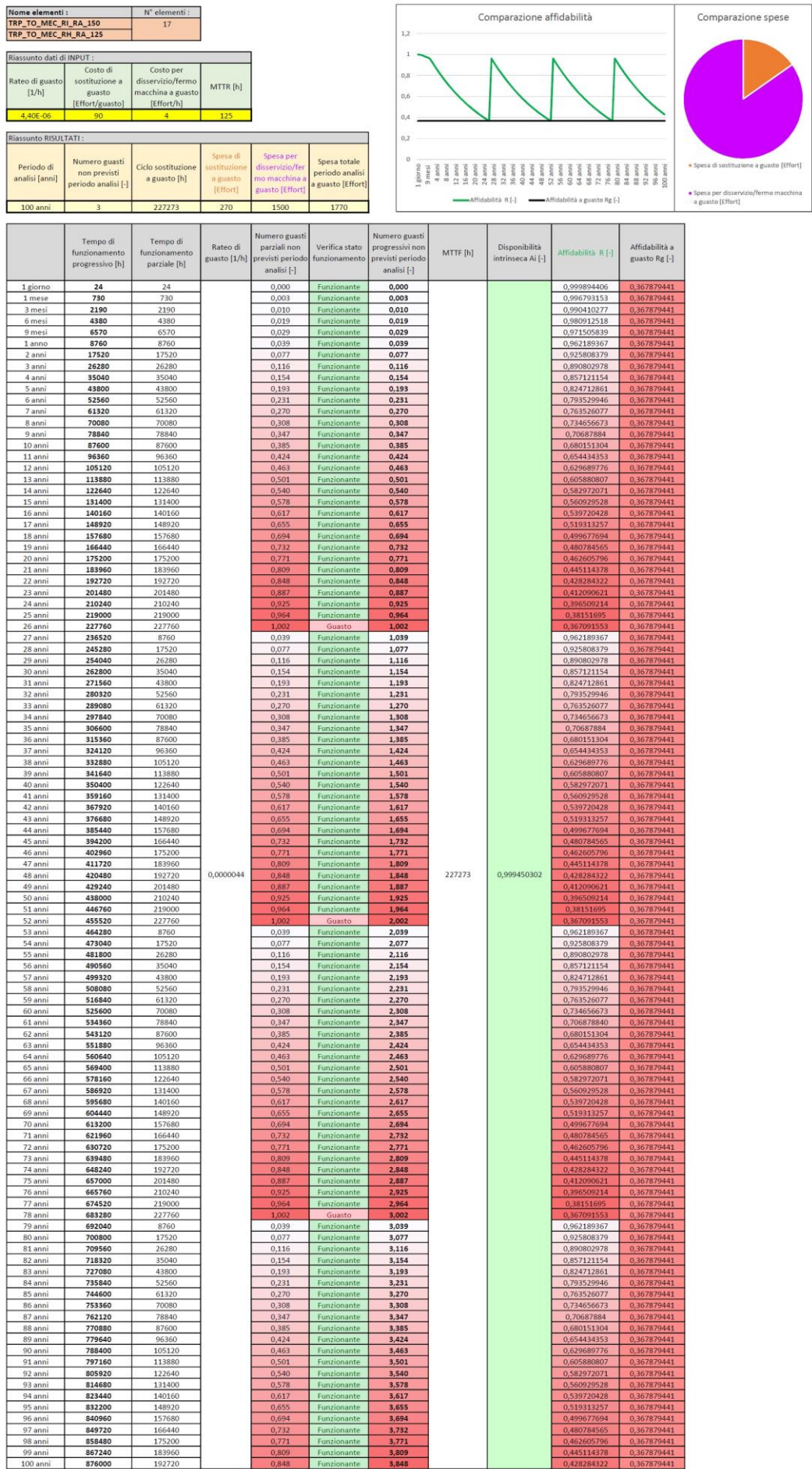
Plenum di raccordo (Esponenziale)



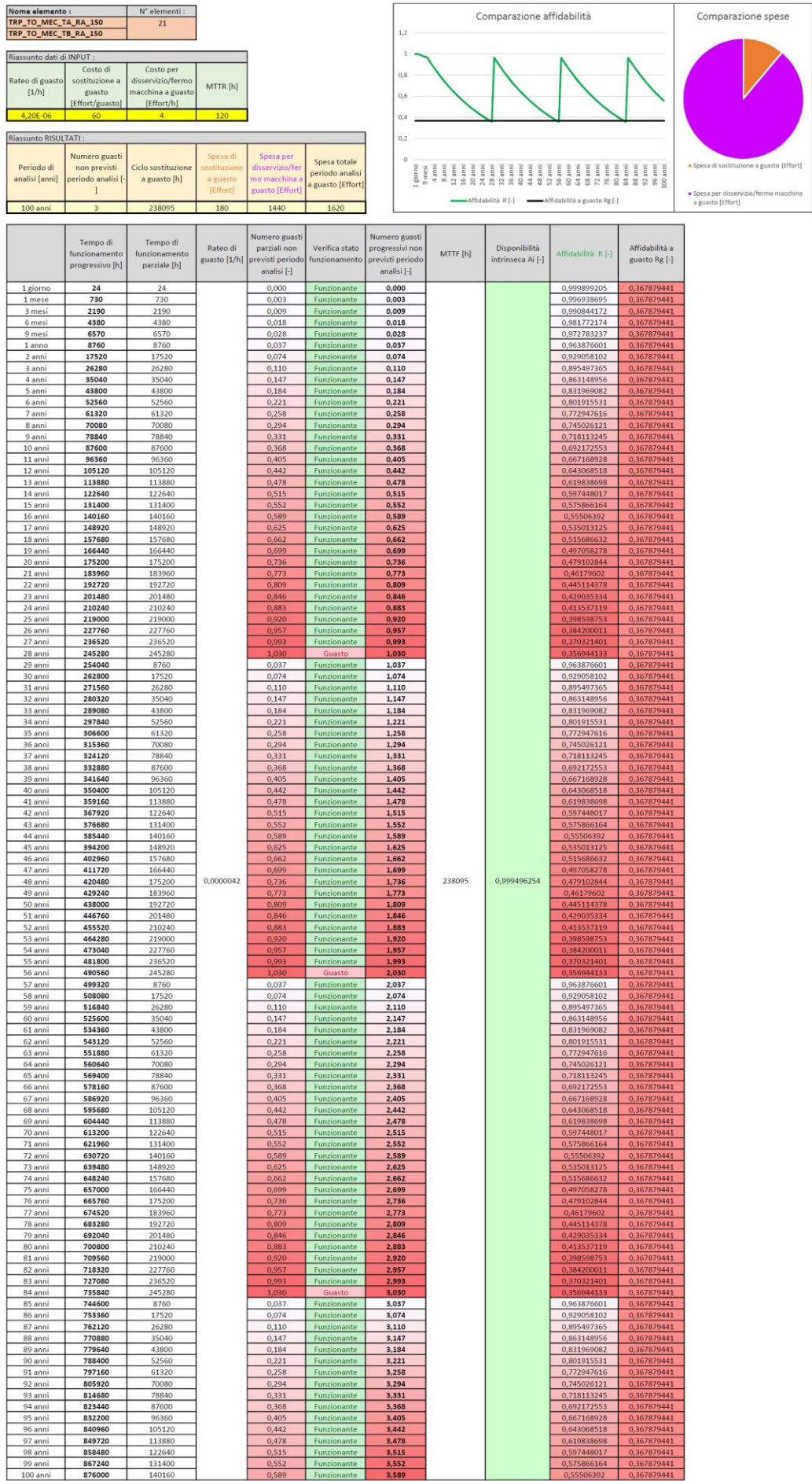
Raccordo ad angolo (Esponenziale)



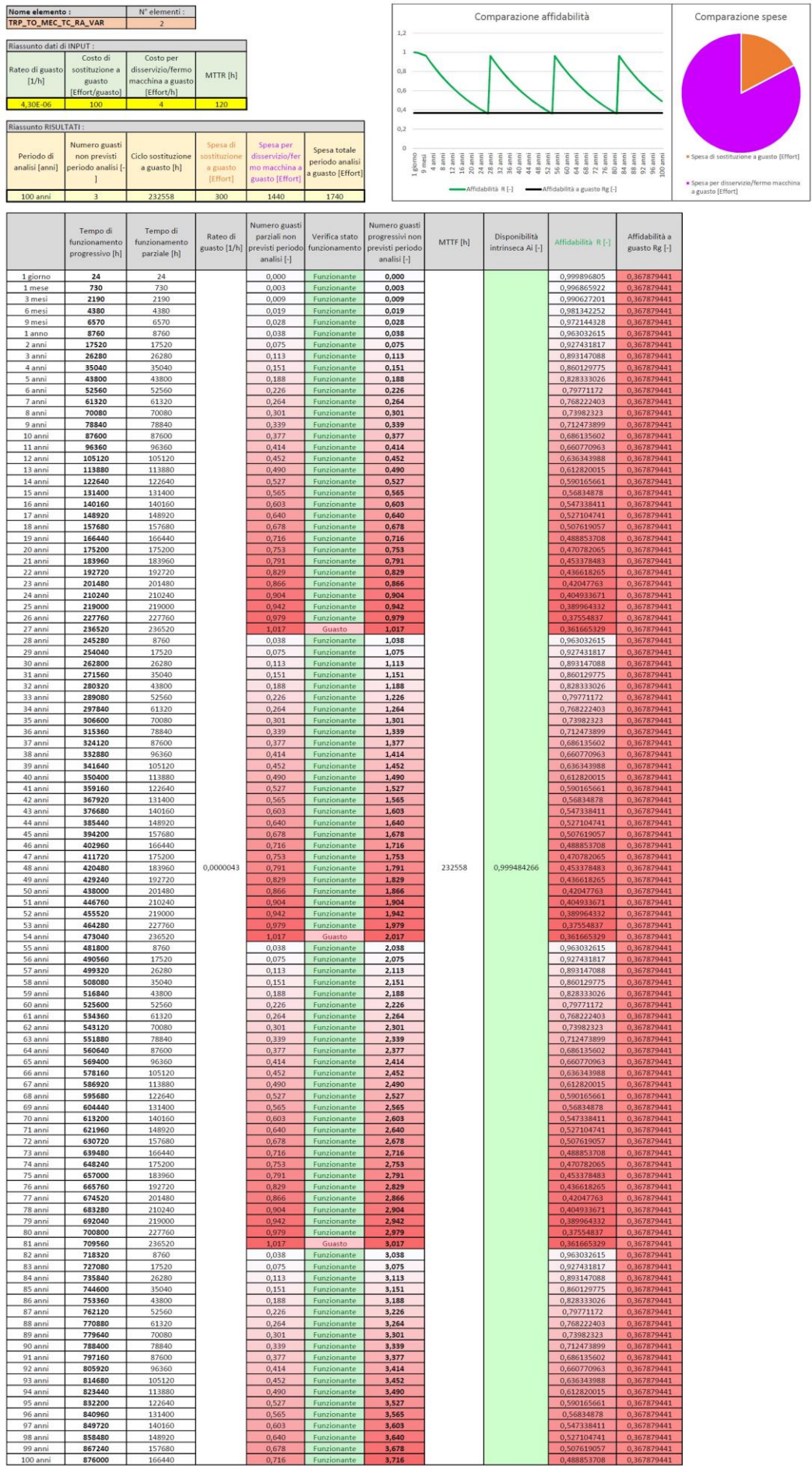
Raccordo a T (Esponenziale)



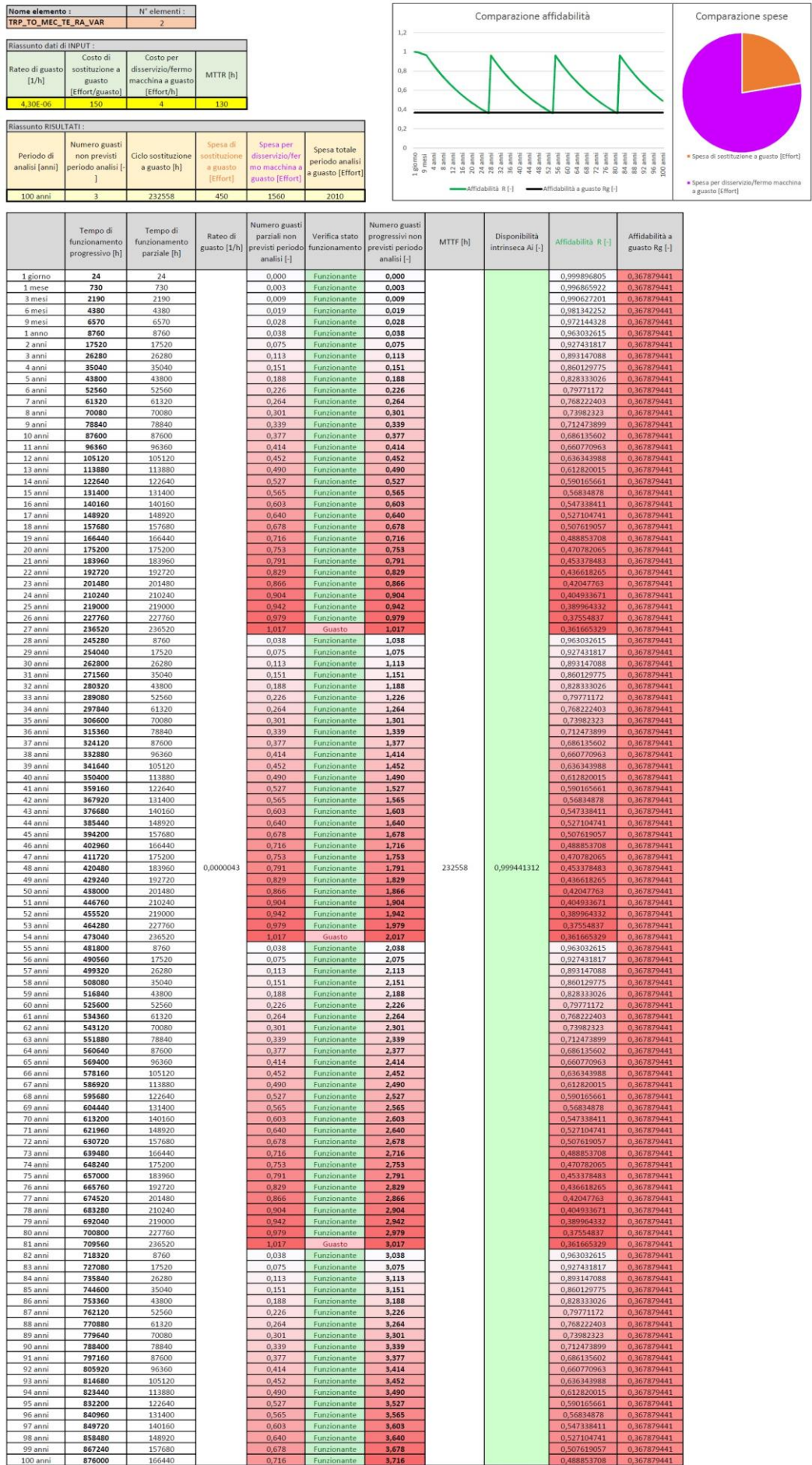
Raccordo circolare concentrico (Esponenziale)



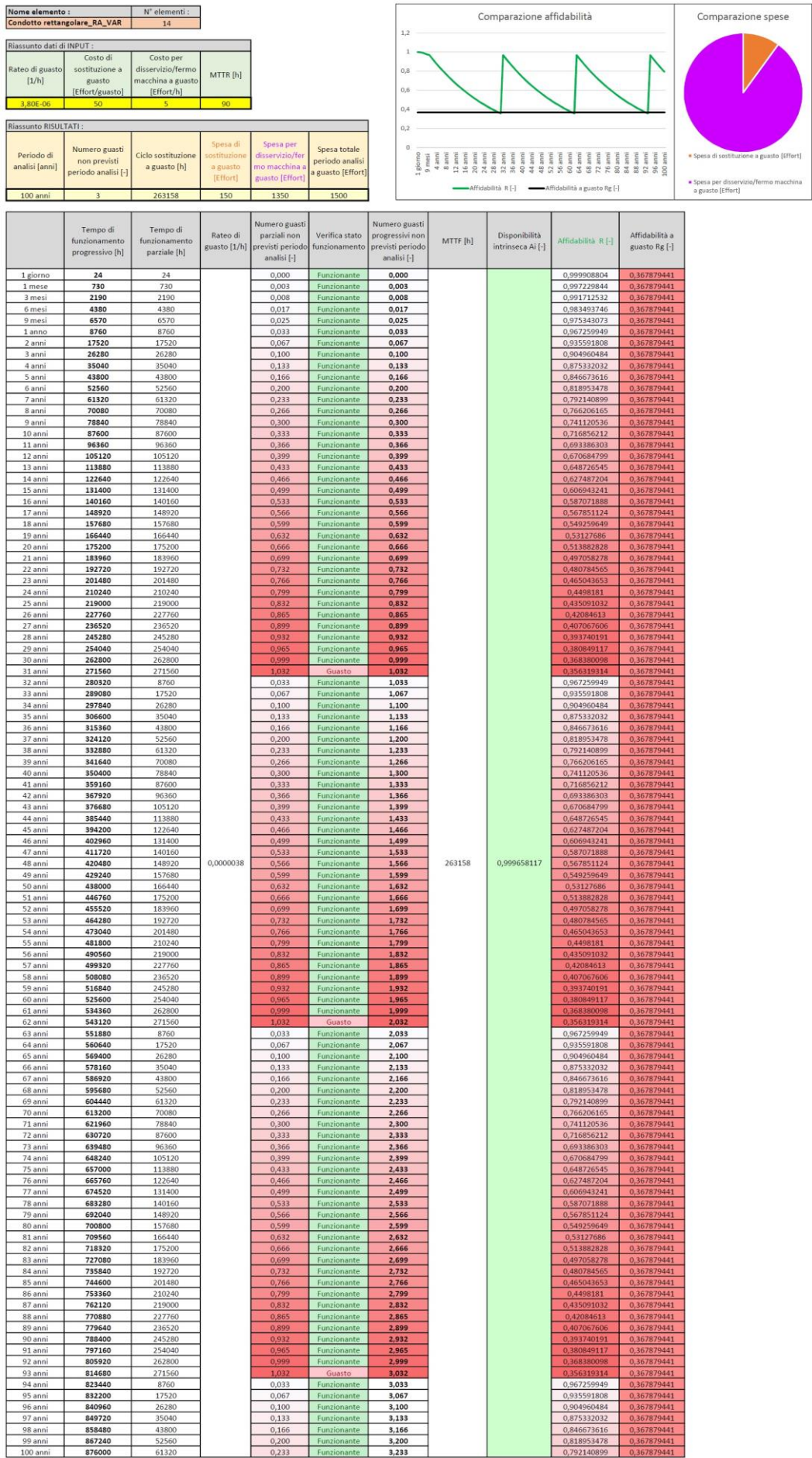
Riduttore da quadrato a circolare (Esponenziale)



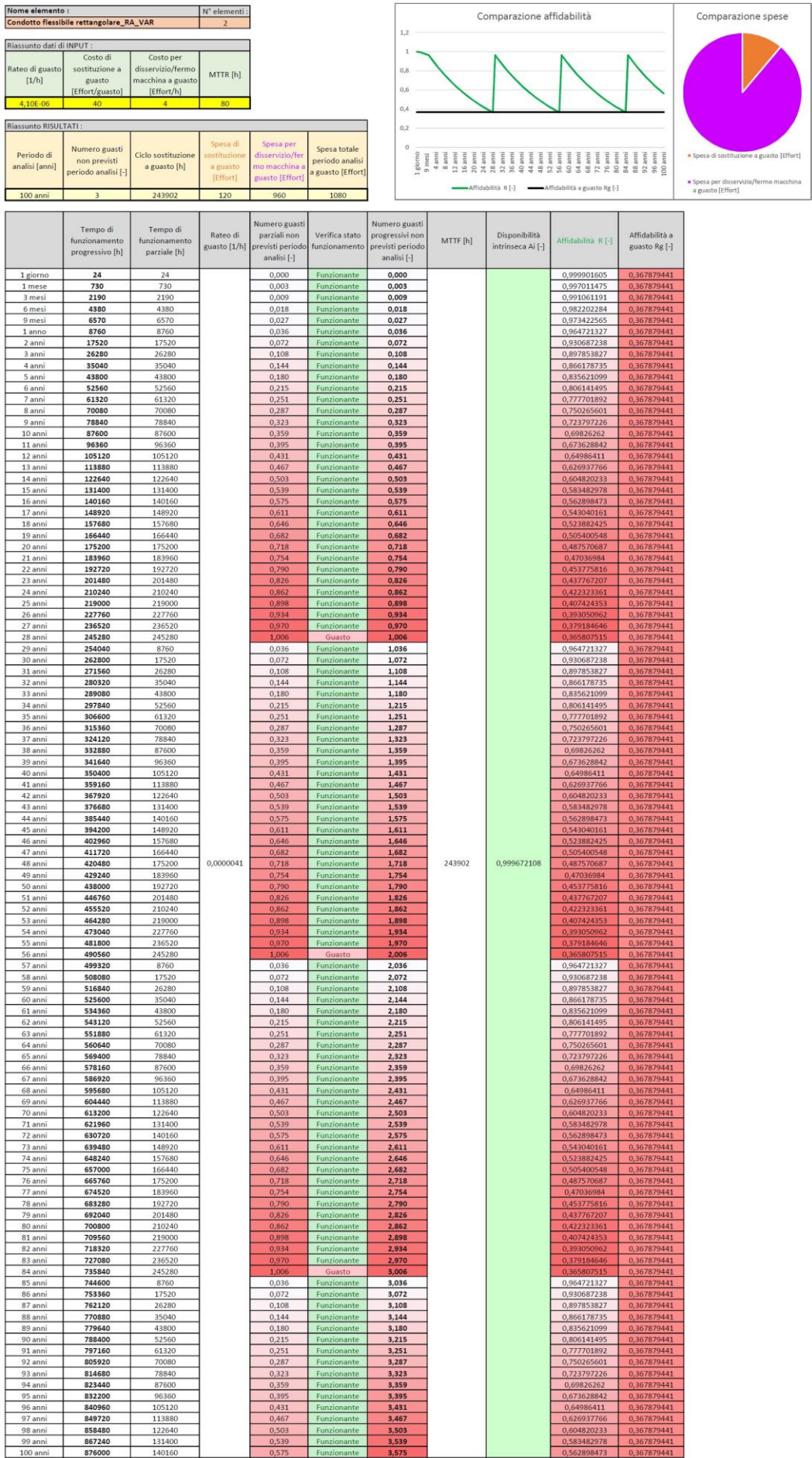
Riduttore da quadrato a quadrato (Esponenziale)



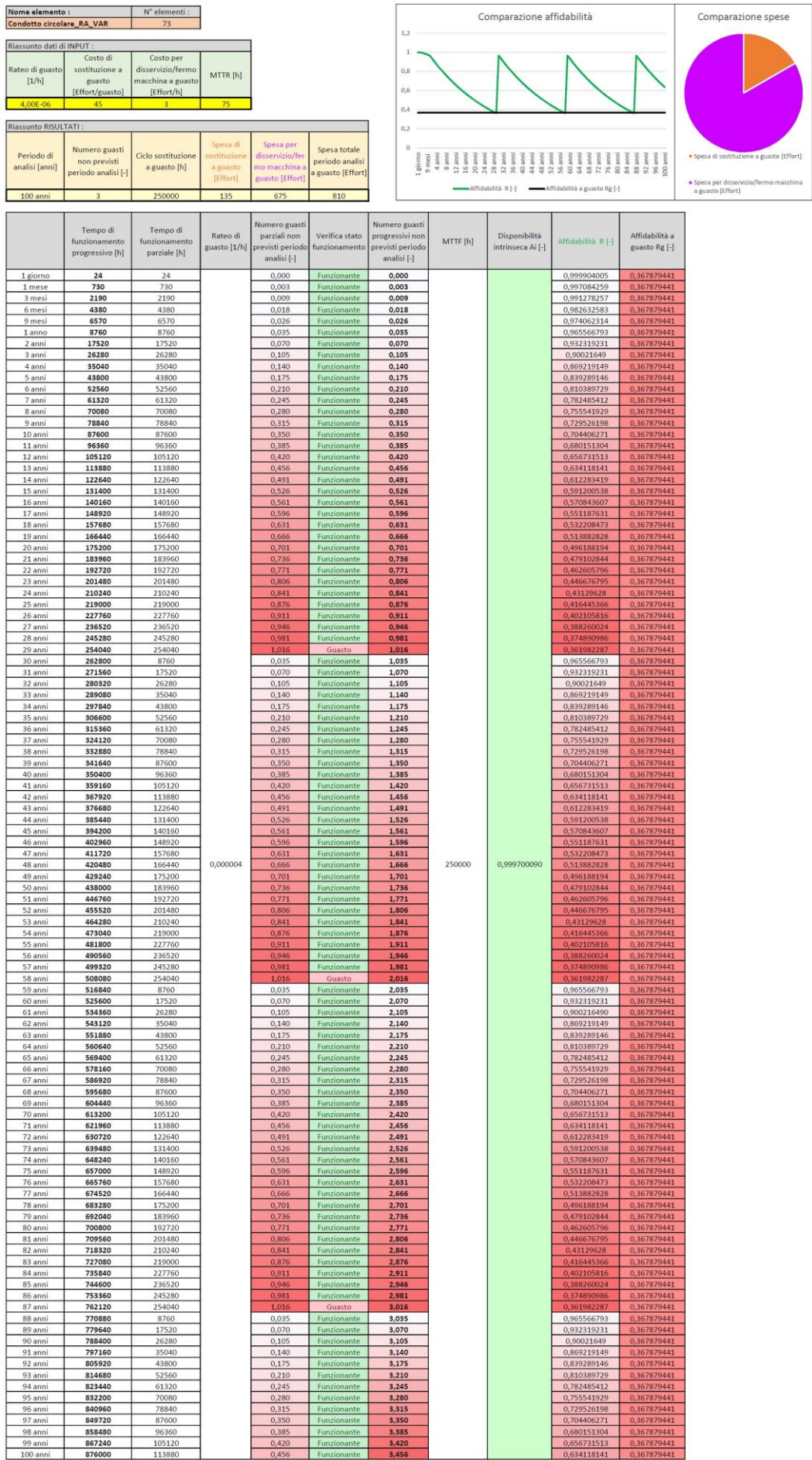
Condotto rettangolare (Esponenziale)



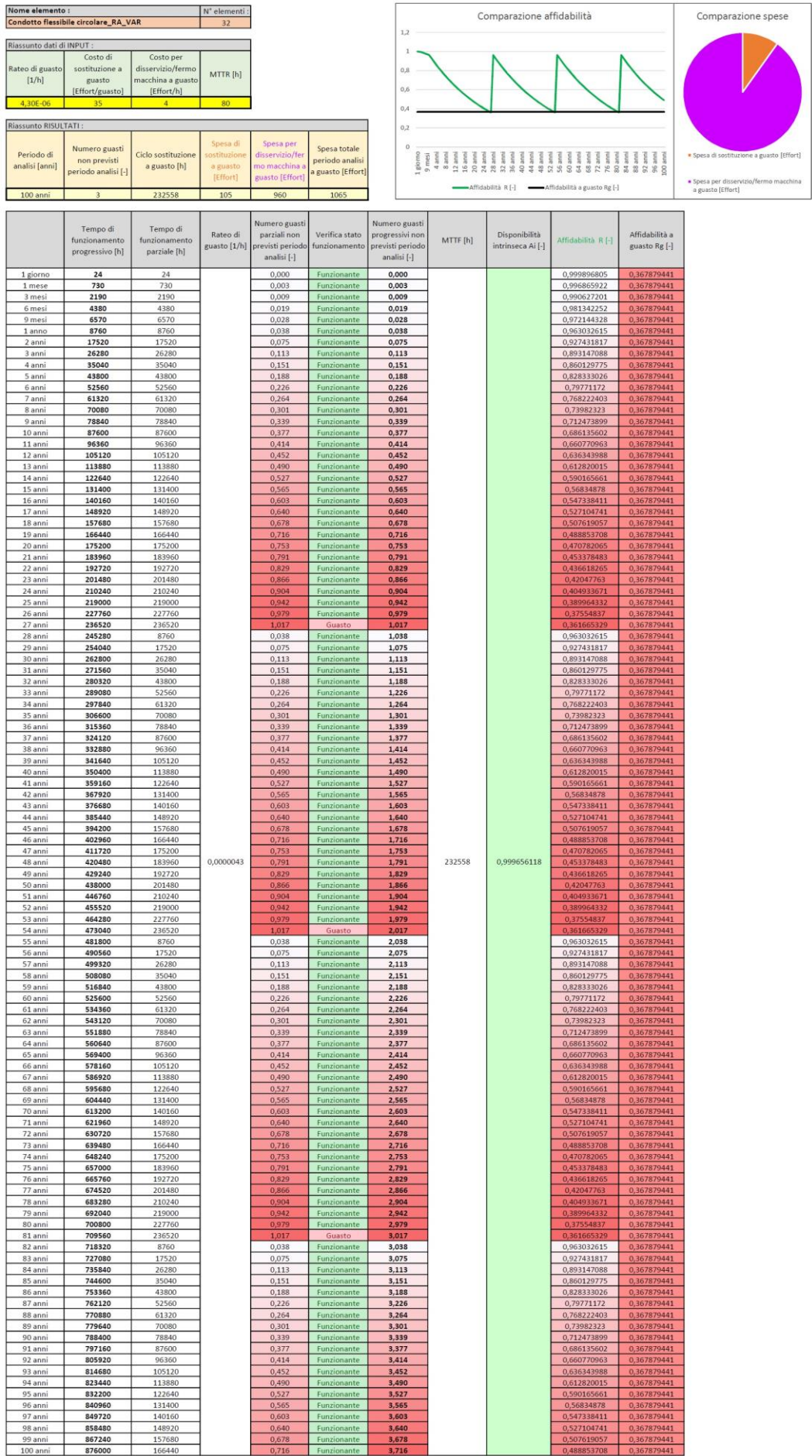
Condotto flessibile rettangolare (Esponenziale)



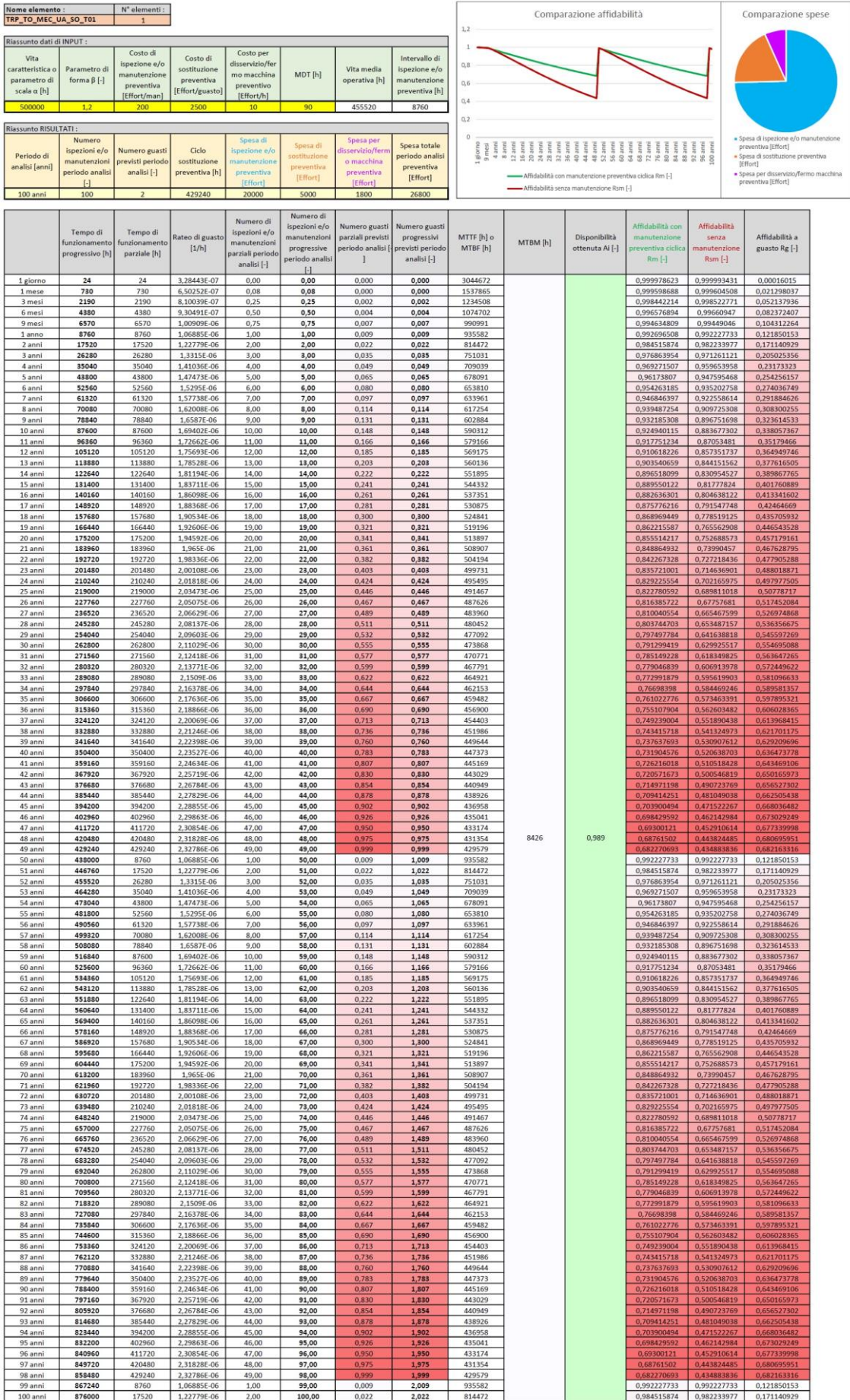
Condotto circolare (Esponenziale)



Condotto flessibile circolare (Esponenziale)



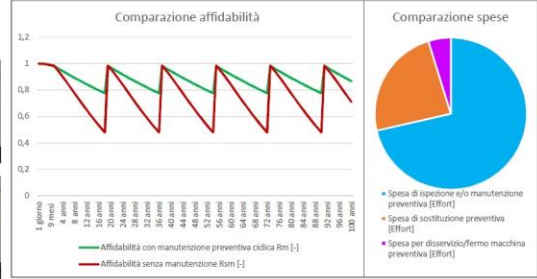
MANUTENZIONE PREVENTIVA CICLICA
UTA (Weibull)



Ventilconvettori (Weibull)

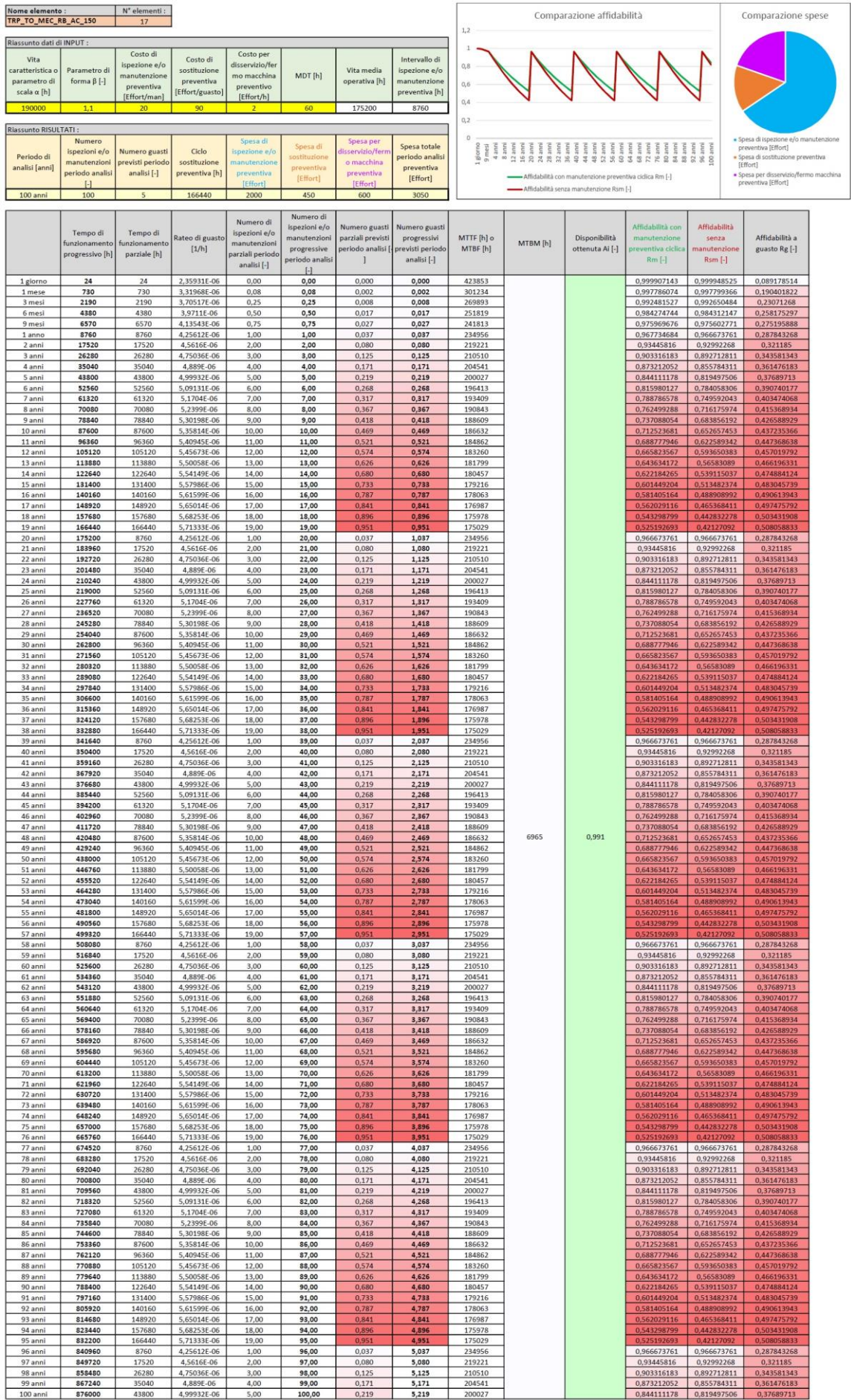
Nome elemento :	N° elementi :
TRP_TO_MEC_VI_TE_U3	2
TRP_TO_MEC_VK_TE_U3	

Riassunto dati di INPUT :							
Vita caratteristica o parametro di scala α [h]	Parametro di forma β [-]	Costo di ispezione e/o manutenzione preventiva [Effort/man]	Costo di sostituzione preventiva [Effort/guasto]	Costo per disservizio/fermo macchina preventivo [Effort/h]	MDT [h]	Vita media operativa [h]	Intervallo di ispezione e/o manutenzione preventiva [h]
200000	1,3	45	600	3	40	175200	4380
Riassunto RISULTATI :							
Periodo di analisi [anni]	Numero ispezioni e/o manutenzioni periodo analisi [-]	Numero guasti previsti periodo analisi [-]	Ciclo sostituzione preventiva [h]	Spesa di ispezione e/o manutenzione preventiva [Effort]	Spesa di sostituzione preventiva [Effort]	Spesa per disservizio/fermo macchina preventiva [Effort]	Spesa totale periodo analisi preventiva [Effort]
100 anni	200	5	157680	9000	3000	600	12600

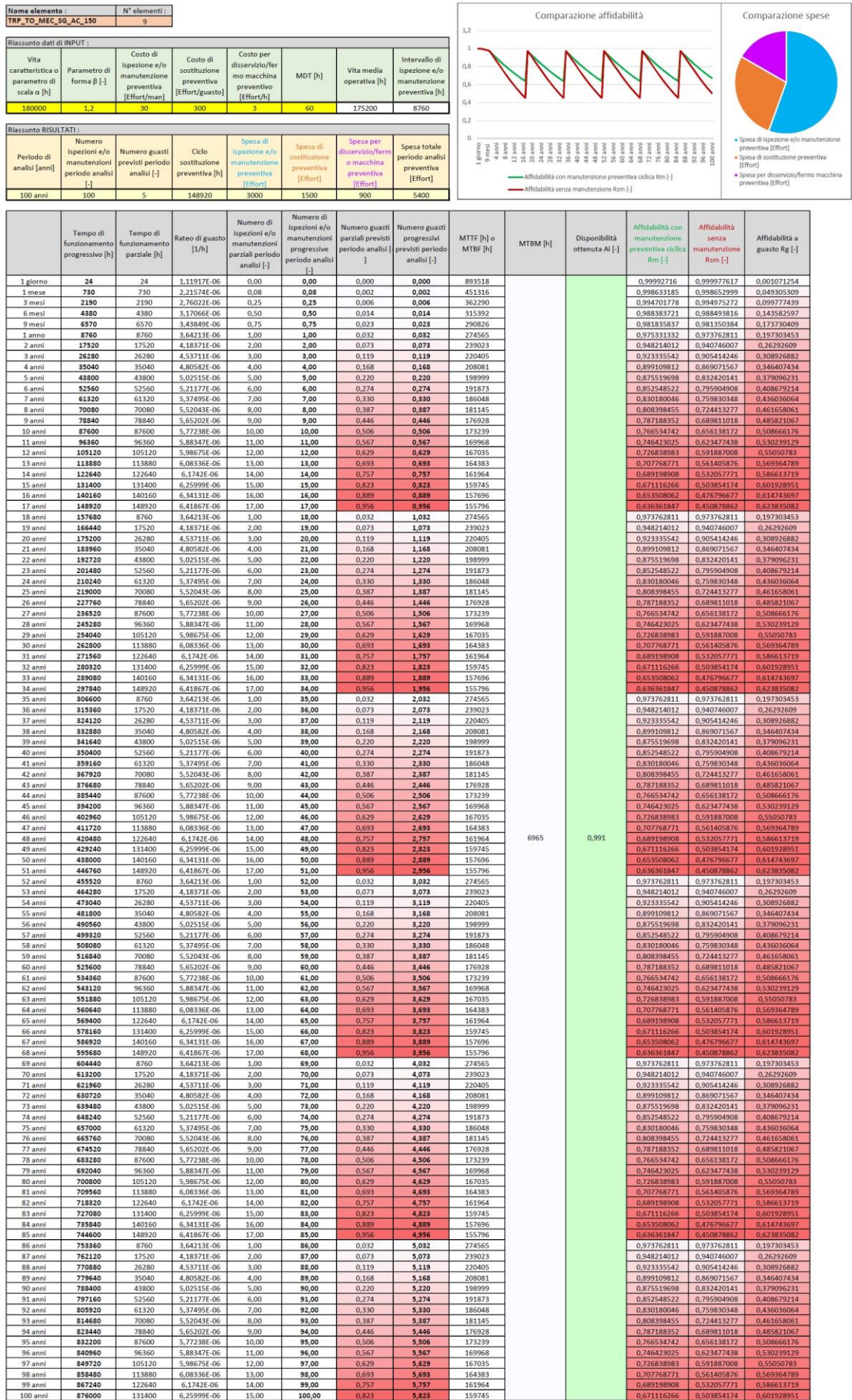


	Tempo di funzionamento progressivo [h]	Tempo di funzionamento parziale [h]	Rateo di guasto 1/h	Numero di ispezioni e/o manutenzioni parziali periodo analisi [-]	Numero di ispezioni e/o manutenzioni progressive periodo analisi [-]	Numero guasti parziali periodo analisi [-]	Numero guasti progressivi periodo analisi [-]	MTTF [h] o MTBF [h]	MTBM [h]	Disponibilità ottenuta Ai [-]	Affidabilità con manutenzione preventiva ciclica Rm [-]	Affidabilità senza manutenzione Rm [-]	Affidabilità a guasto Rg [-]
1 giorno	24	24	4.31379E-07	0,01	0,01	0,000	0,000	2308513			0,999961867	0,999992003	3,61642E-11
1 mese	720	720	1,20671E-06	0,17	0,17	0,001	0,001	828703			0,999313307	0,999322618	0,001762447
3 mesi	2190	2190	1,67779E-06	0,50	0,50	0,004	0,004	596022			0,997156066	0,99717756	0,016260907
6 mesi	4380	4380	2,0656E-06	1,00	1,00	0,009	0,009	484120			0,993713667	0,993064672	0,043909348
9 mesi	6570	6570	2,33278E-06	1,50	1,50	0,015	0,015	428673			0,990261807	0,988279708	0,070576873
1 anno	8760	8760	2,54305E-06	2,00	2,00	0,022	0,022	393228			0,986821937	0,983009719	0,095117304
2 anni	17520	17520	3,13087E-06	4,00	4,00	0,055	0,055	319400			0,969422011	0,958683346	0,176281235
3 anni	26280	26280	3,53583E-06	6,00	6,00	0,093	0,093	282819			0,95602212	0,931016517	0,240768083
4 anni	35040	35040	3,85455E-06	8,00	8,00	0,135	0,135	259434			0,94280745	0,901319999	0,296100192
5 anni	43800	43800	4,12142E-06	10,00	10,00	0,181	0,181	242635			0,929775441	0,870349816	0,345753608
6 anni	52560	52560	4,35312E-06	12,00	12,00	0,229	0,229	229720			0,916923567	0,838617881	0,391539445
7 anni	61320	61320	4,55916E-06	14,00	14,00	0,280	0,280	219339			0,904249339	0,806499377	0,434478562
8 anni	70080	70080	4,74551E-06	16,00	16,00	0,333	0,333	210726			0,891750301	0,77428186	0,475165684
9 anni	78840	78840	4,91619E-06	18,00	18,00	0,388	0,388	203410			0,879424032	0,742191637	0,513940303
10 anni	87600	87600	5,07406E-06	20,00	20,00	0,444	0,444	197081			0,867268143	0,710409599	0,550973742
11 anni	96360	96360	5,22124E-06	22,00	22,00	0,503	0,503	191525			0,85528028	0,679081492	0,586315194
12 anni	105120	105120	5,35932E-06	24,00	24,00	0,563	0,563	186591			0,84345812	0,64832502	0,619915024
13 anni	113880	113880	5,48957E-06	26,00	26,00	0,625	0,625	182164			0,831799372	0,618235004	0,651632982
14 anni	122640	122640	5,61299E-06	28,00	28,00	0,688	0,688	178158			0,820301778	0,588887265	0,681233008
15 anni	131400	131400	5,73037E-06	30,00	30,00	0,753	0,753	174509			0,80896311	0,560341661	0,708360397
16 anni	140160	140160	5,8424E-06	32,00	32,00	0,819	0,819	171162			0,797781172	0,532644512	0,732485216
17 anni	148920	148920	5,94963E-06	34,00	34,00	0,886	0,886	168078			0,786753796	0,505830583	0,752755783
18 anni	157680	157680	6,05254E-06	36,00	36,00	0,954	0,954	165220			0,775878847	0,479924734	0,767480321
19 anni	166440	8760	2,54305E-06	2,00	38,00	0,022	1,022	393228			0,986177443	0,983009719	0,095117304
20 anni	175200	17520	3,13087E-06	4,00	40,00	0,055	1,055	319400			0,969422011	0,958683346	0,176281235
21 anni	183960	26280	3,53583E-06	6,00	42,00	0,093	1,093	282819			0,95602212	0,931016517	0,240768083
22 anni	192720	35040	3,85455E-06	8,00	44,00	0,135	1,135	259434			0,94280745	0,901319999	0,296100192
23 anni	201480	43800	4,12142E-06	10,00	46,00	0,181	1,181	242635			0,929775441	0,870349816	0,345753608
24 anni	210240	52560	4,35312E-06	12,00	48,00	0,229	1,229	229720			0,916923567	0,838617881	0,391539445
25 anni	219000	61320	4,55916E-06	14,00	50,00	0,280	1,280	219339			0,904249339	0,806499377	0,434478562
26 anni	227760	70080	4,74551E-06	16,00	52,00	0,333	1,333	210726			0,891750301	0,77428186	0,475165684
27 anni	236520	78840	4,91619E-06	18,00	54,00	0,388	1,388	203410			0,879424032	0,742191637	0,513940303
28 anni	245280	87600	5,07406E-06	20,00	56,00	0,444	1,444	197081			0,867268143	0,710409599	0,550973742
29 anni	254040	96360	5,22124E-06	22,00	58,00	0,503	1,503	191525			0,85528028	0,679081492	0,586315194
30 anni	262800	105120	5,35932E-06	24,00	60,00	0,563	1,563	186591			0,84345812	0,64832502	0,619915024
31 anni	271560	113880	5,48957E-06	26,00	62,00	0,625	1,625	182164			0,831799372	0,618235004	0,651632982
32 anni	280320	122640	5,61299E-06	28,00	64,00	0,688	1,688	178158			0,820301778	0,588887265	0,681233008
33 anni	289080	131400	5,73037E-06	30,00	66,00	0,753	1,753	174509			0,80896311	0,560341661	0,708360397
34 anni	297840	140160	5,8424E-06	32,00	68,00	0,819	1,819	171162			0,797781172	0,532644512	0,732485216
35 anni	306600	148920	5,94963E-06	34,00	70,00	0,886	1,886	168078			0,786753796	0,505830583	0,752755783
36 anni	315360	157680	6,05254E-06	36,00	72,00	0,954	1,954	165220			0,775878847	0,479924734	0,767480321
37 anni	324120	8760	2,54305E-06	2,00	74,00	0,022	2,022	393228			0,986177443	0,983009719	0,095117304
38 anni	332880	17520	3,13087E-06	4,00	76,00	0,055	2,055	319400			0,969422011	0,958683346	0,176281235
39 anni	341640	26280	3,53583E-06	6,00	78,00	0,093	2,093	282819			0,95602212	0,931016517	0,240768083
40 anni	350400	35040	3,85455E-06	8,00	80,00	0,135	2,135	259434			0,94280745	0,901319999	0,296100192
41 anni	359160	43800	4,12142E-06	10,00	82,00	0,181	2,181	242635			0,929775441	0,870349816	0,345753608
42 anni	367920	52560	4,35312E-06	12,00	84,00	0,229	2,229	229720			0,916923567	0,838617881	0,391539445
43 anni	376680	61320	4,55916E-06	14,00	86,00	0,280	2,280	219339			0,904249339	0,806499377	0,434478562
44 anni	385440	70080	4,74551E-06	16,00	88,00	0,333	2,333	210726			0,891750301	0,77428186	0,475165684
45 anni	394200	78840	4,91619E-06	18,00	90,00	0,388	2,388	203410			0,879424032	0,742191637	0,513940303
46 anni	402960	87600	5,07406E-06	20,00	92,00	0,444	2,444	197081			0,867268143	0,710409599	0,550973742
47 anni	411720	96360	5,22124E-06	22,00	94,00	0,503	2,503	191525			0,85528028	0,679081492	0,586315194
48 anni	420480	105120	5,35932E-06	24,00	96,00	0,563	2,563	186591			0,84345812	0,64832502	0,619915024
49 anni	429240	113880	5,48957E-06	26,00	98,00	0,625	2,625	182164			0,831799372	0,618235004	0,651632982
50 anni	438000	122640	5,61299E-06	28,00	100,00	0,688	2,688	178158			0,820301778	0,588887265	0,681233008
51 anni	446760	131400	5,73037E-06	30,00	102,00	0,753	2,753	174509			0,80896311	0,560341661	0,708360397
52 anni	455520	140160	5,8424E-06	32,00	104,00	0,819	2,819	171162			0,797781172	0,532644512	0,732485216
53 anni	464280	148920	5,94963E-06	34,00	106,00	0,886	2,886	168078			0,786753796	0,505830583	0,752755783
54 anni	473040	157680	6,05254E-06	36,00	108,00	0,954	2,954	165220			0,775878847	0,479924734	0,767480321
55 anni	481800	8760	2,54305E-06	2,00	110,00	0,022	3,022	393228			0,986177443	0,983009719	0,095117304
56 anni	490560	17520	3,13087E-06	4,00	112,00	0,055	3,055	319400			0,969422011	0,958683346	0,176281235
57 anni	499320	26280	3,53583E-06	6,00	114,00	0,093	3,093	282819			0,95602212	0,931016517	0,240768083
58 anni	508080	35040	3,85455E-06	8,00	116,00	0,135	3,135	259434			0,94280745	0,901319999	0,296100192
59 anni	516840	43800	4,12142E-06	10,00	118,00	0,181	3,181	242635			0,929775441	0,870349816	0,345753608
60 anni	525600	52560	4,35312E-06	12,00	120,00	0,229	3,229	229720			0,916923567	0,838617881	0,391539445
61 anni	534360	61320	4,55916E-06	14,00	122,00	0,280	3,280	219339			0,904249339	0,806499377	0,434478562
62 anni	543120	70080	4,74551E-06	16,00	124,00	0,333	3,333	210726			0,891750301	0,77428186	0,475165684
63 anni	551880	78840	4,91619E-06	18,00	126,00	0,388	3,388	203410			0,879424032	0,742191637	0,513940303
64 anni	560640	87600	5,07406E-06	20,00	128,00	0,444	3,444	197081			0,867268143	0,710409599	0,550973742
65 anni	569400	96360	5,22124E-06	22,00	130,00	0,503	3,503	191525			0,85528028	0,679081492	0,586315194
66 anni	578160	105120	5,35932E-06	24,00	132,00	0,563	3,563	186591			0,84345812	0,64832502	0,619915024
67 anni	586920	113880	5,48957E-06	26,00	134,00	0,625	3,625	182164			0,831799372	0,618235004	0,651632982
68 anni	595680	122640	5,61299E-06	28,00	136,00	0,688	3,688	178158			0,820301778	0,588887265	0,681233008

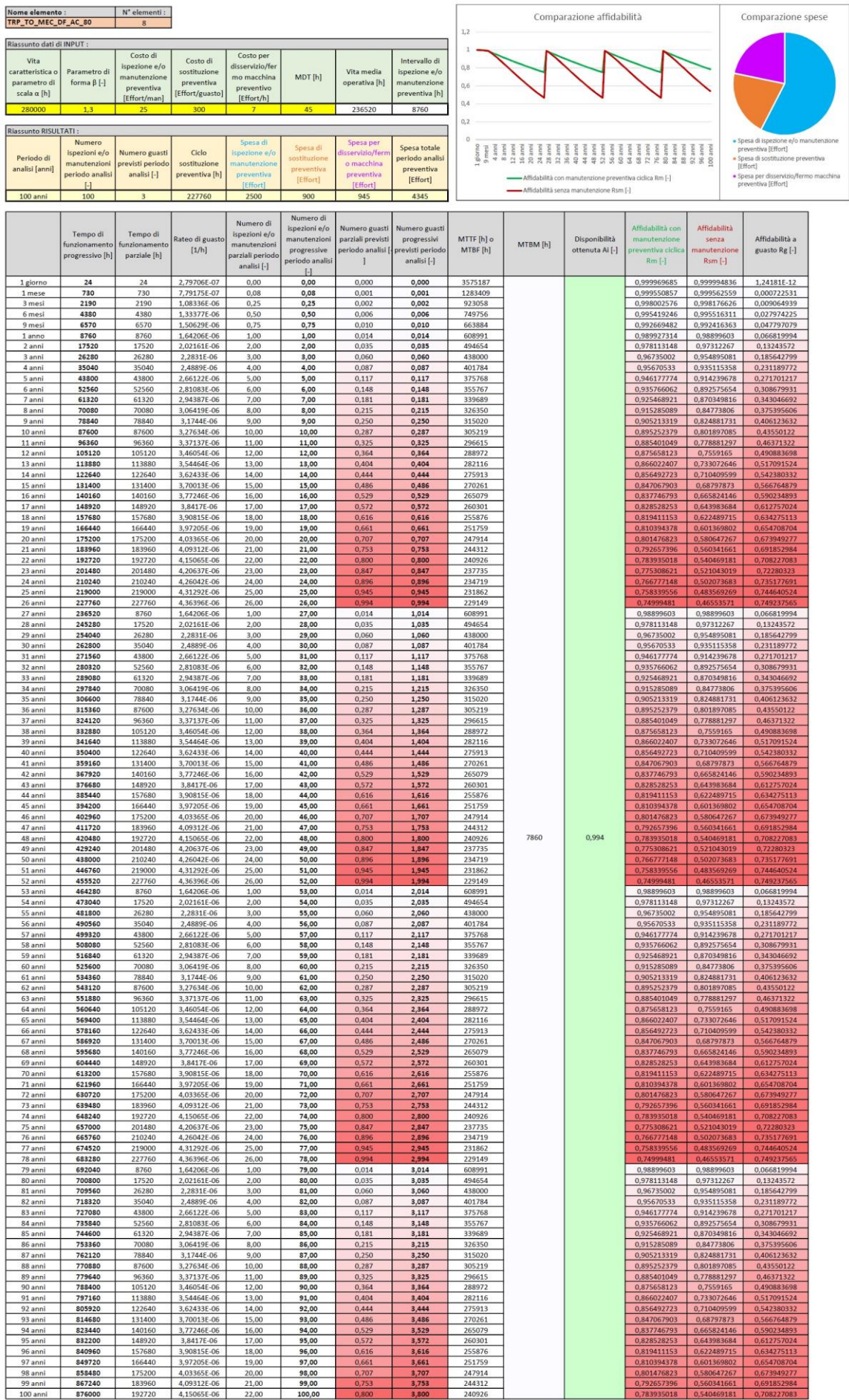
Regolatore di portata (Weibull)



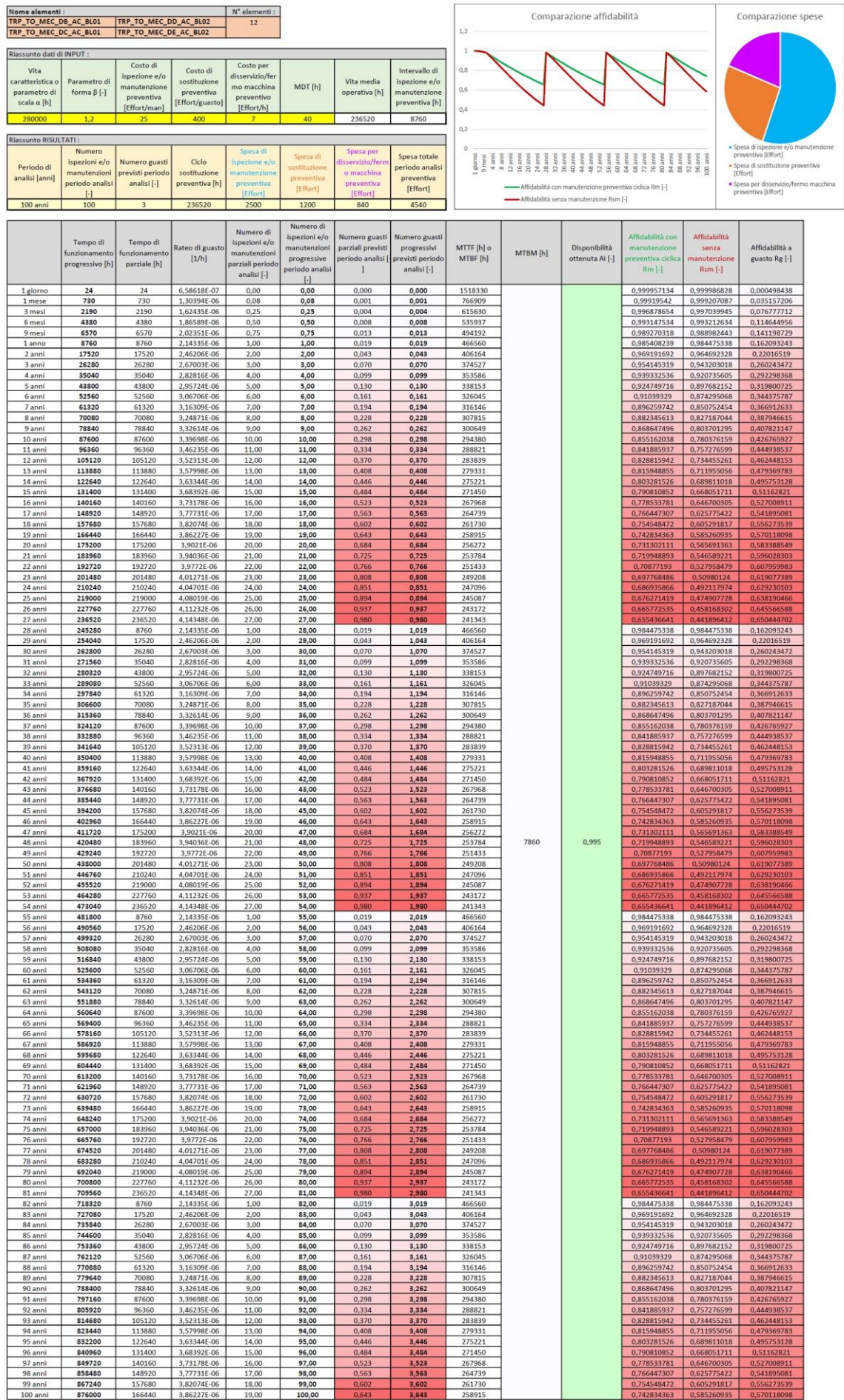
Serranda di ventilazione (Weibull)



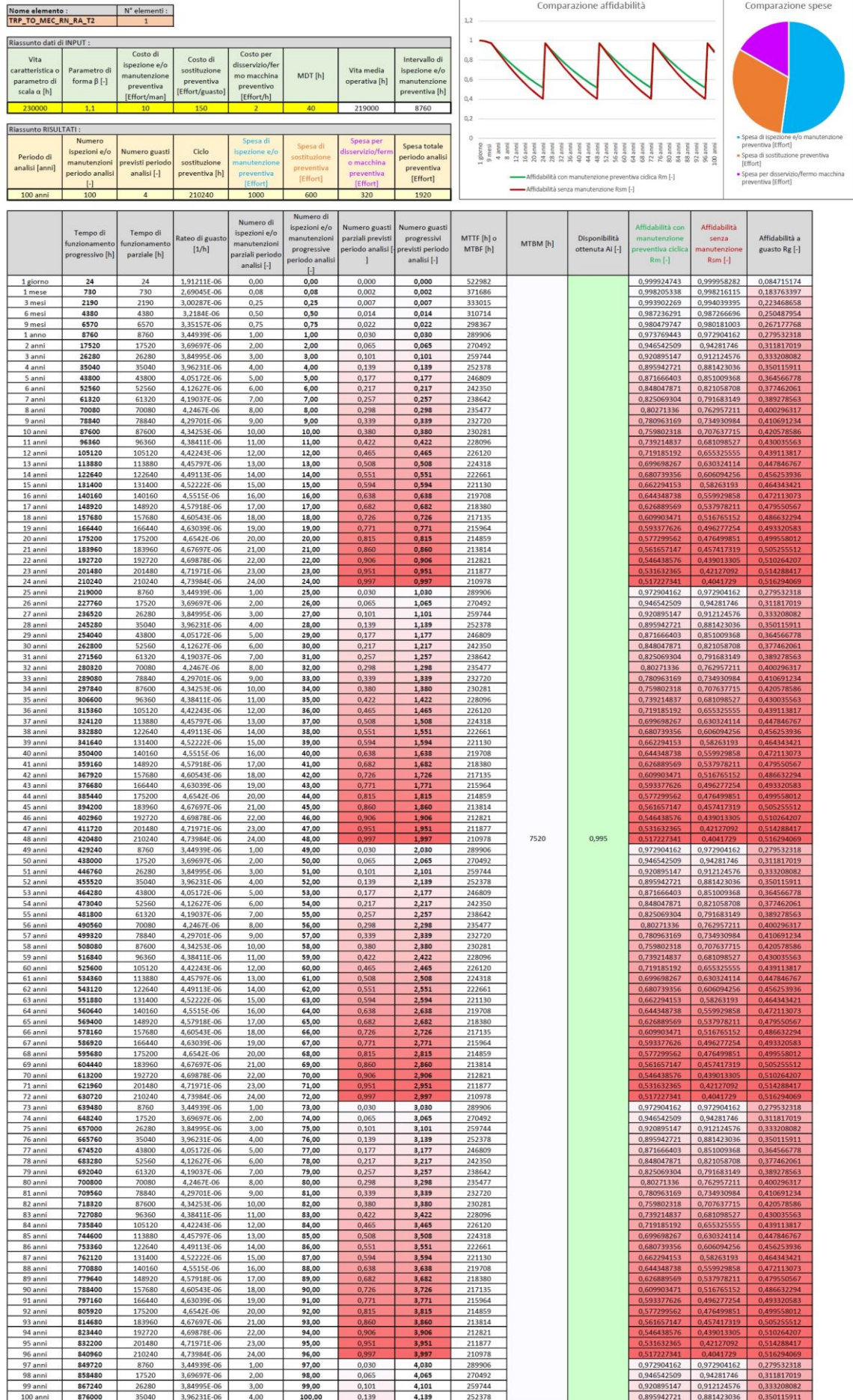
Diffusori puntuali (Weibull)



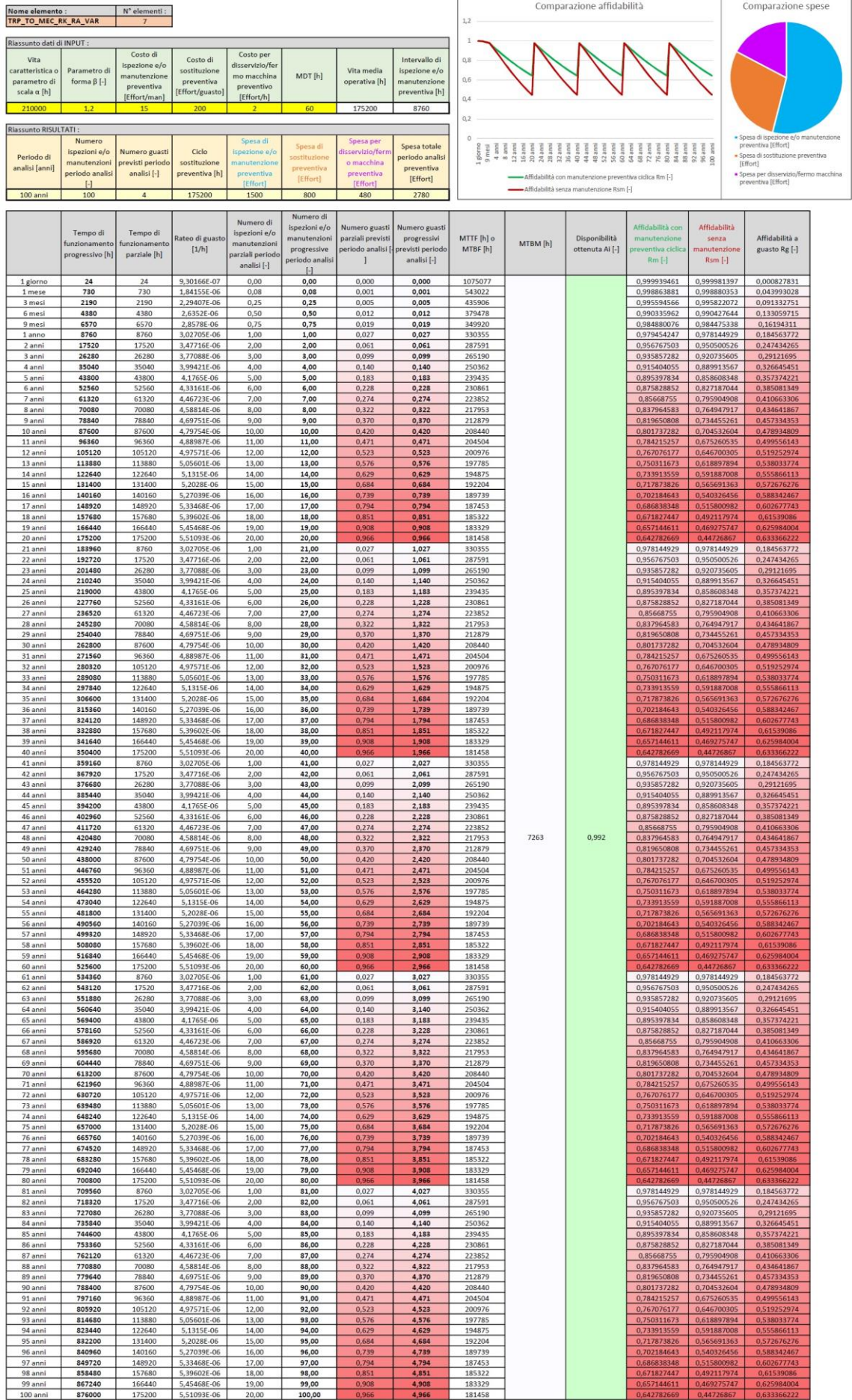
Diffusori lineari (Weibull)



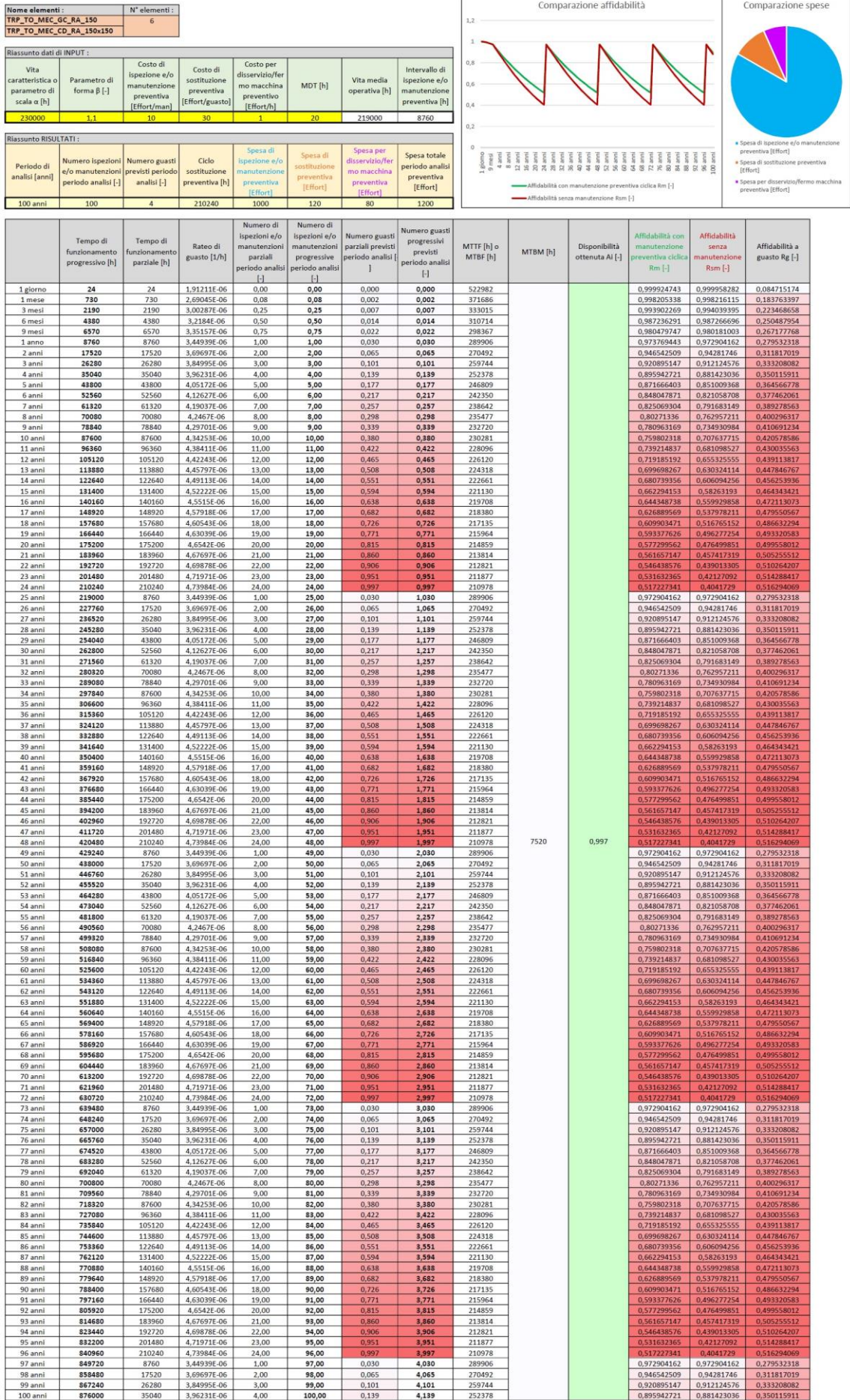
Raccordo deviazione a 2 vie (Weibull)



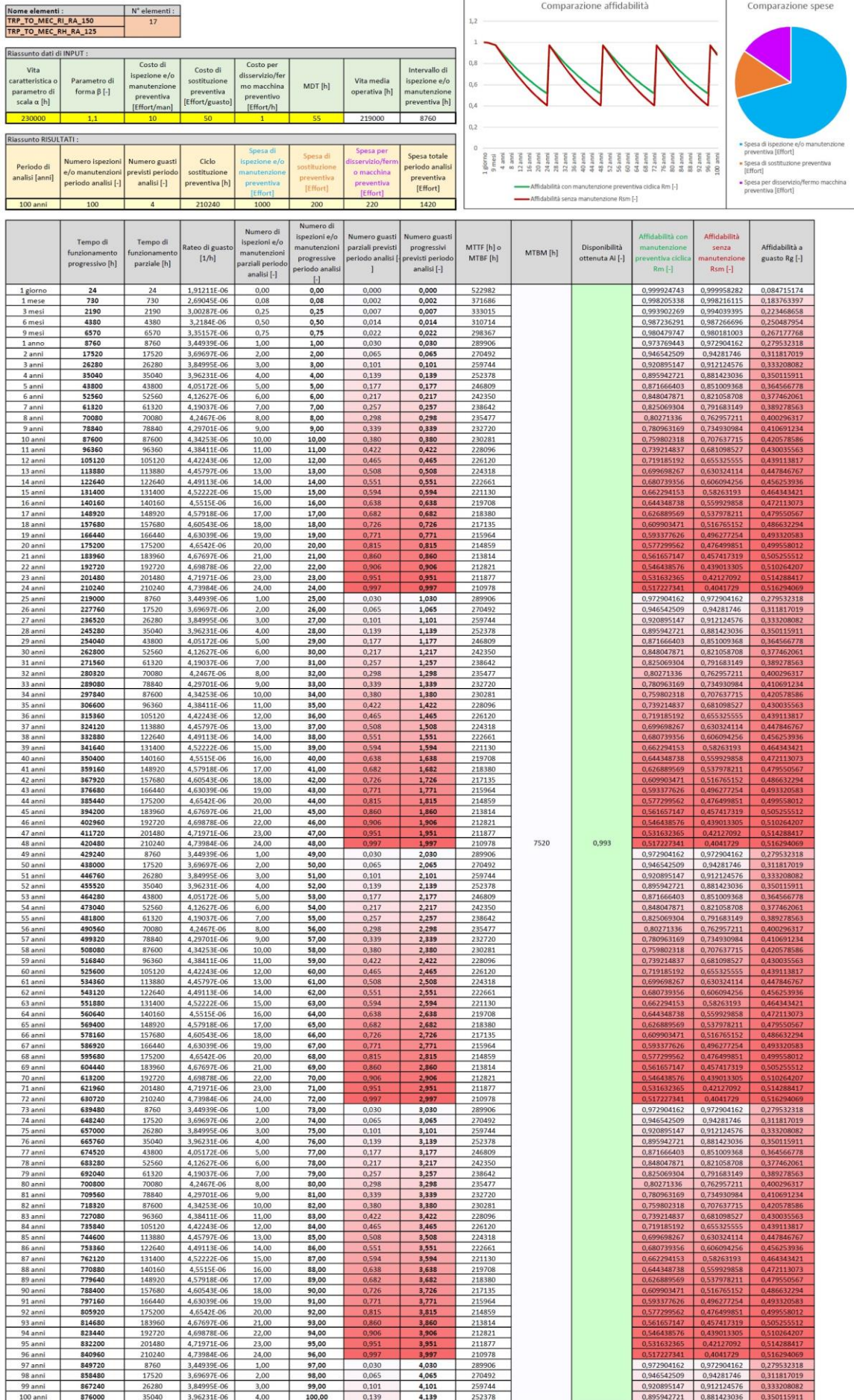
Plenum di raccordo (Weibull)



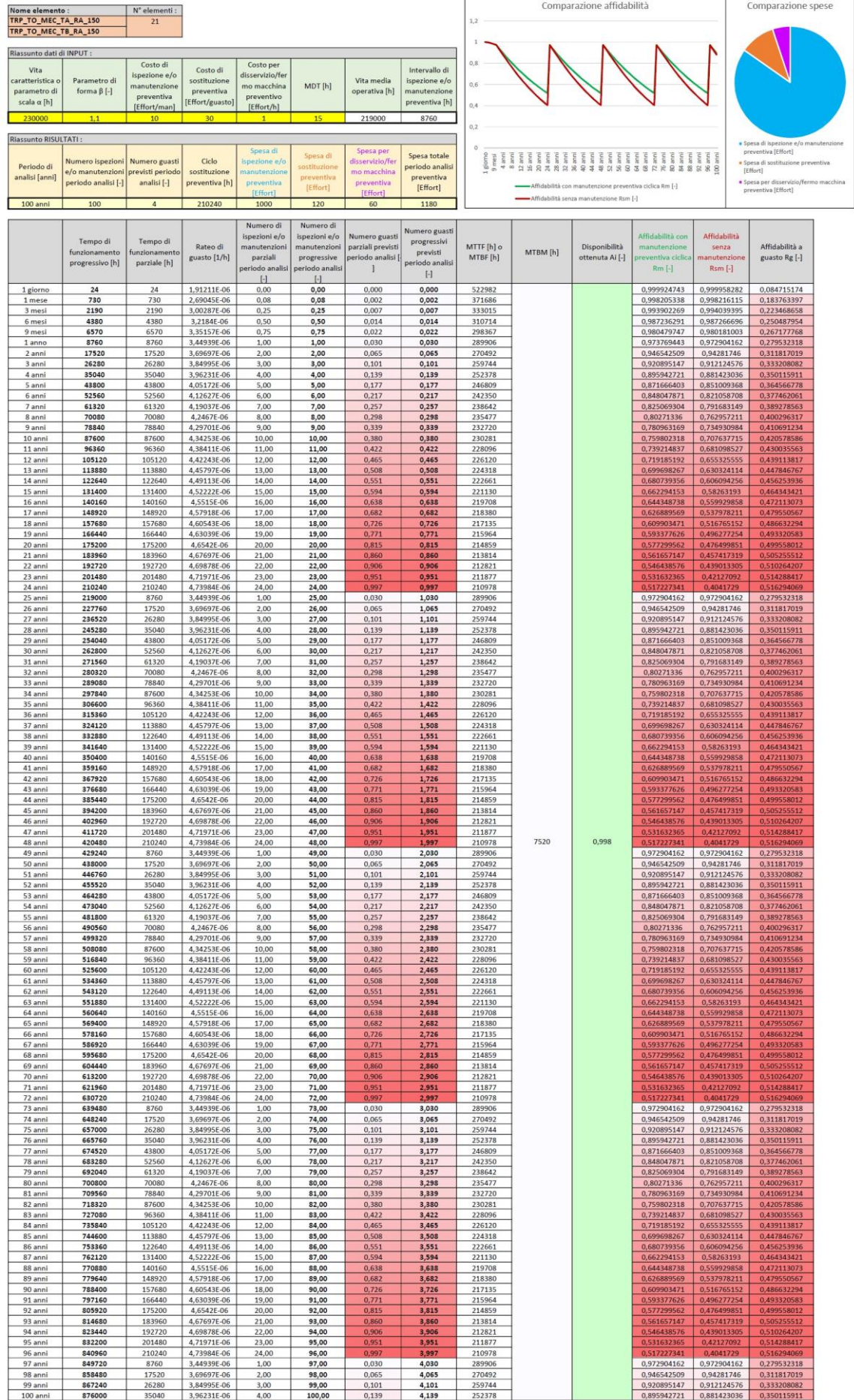
Raccordi angolo (Weibull)



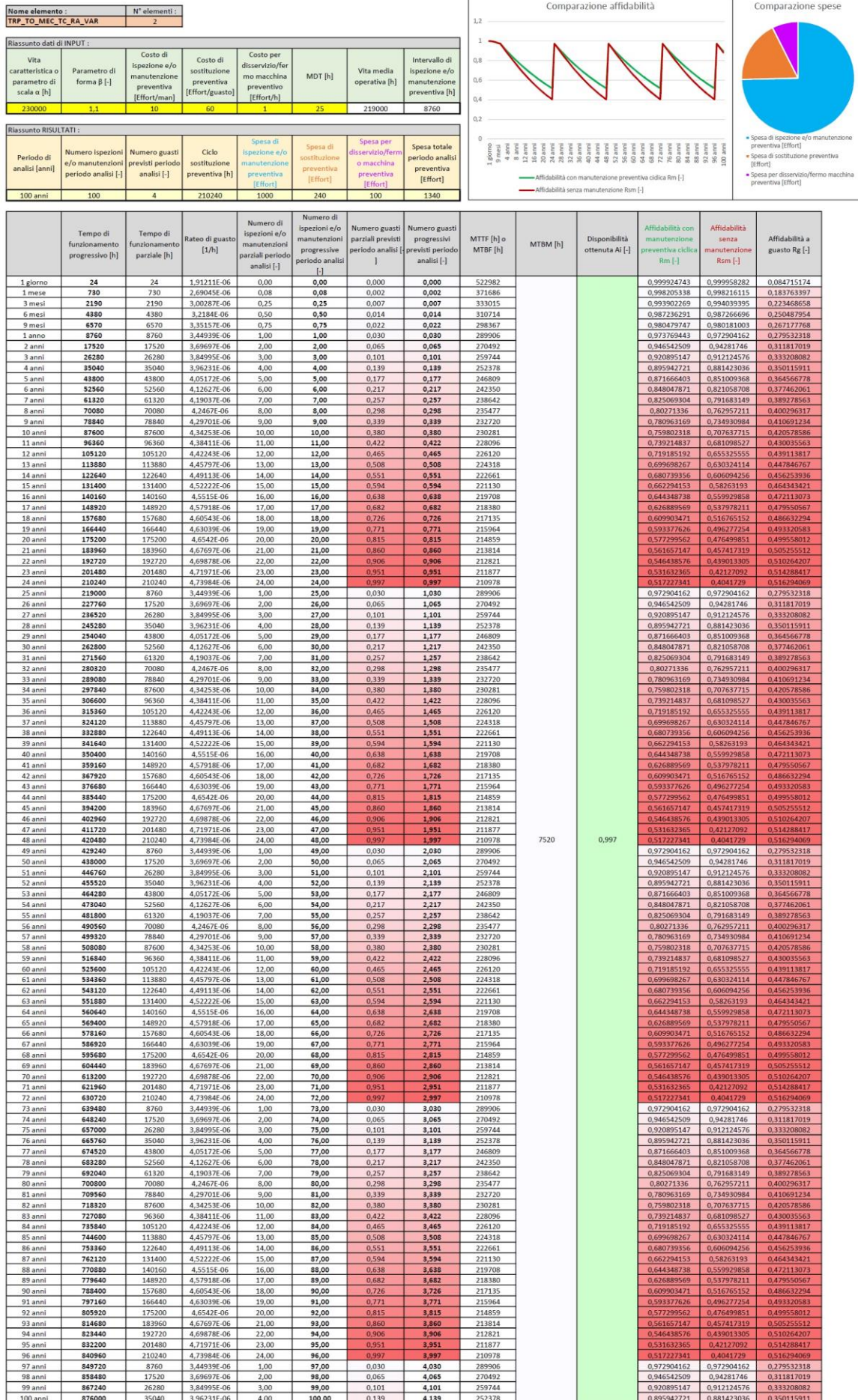
Raccordi a T (Weibull)



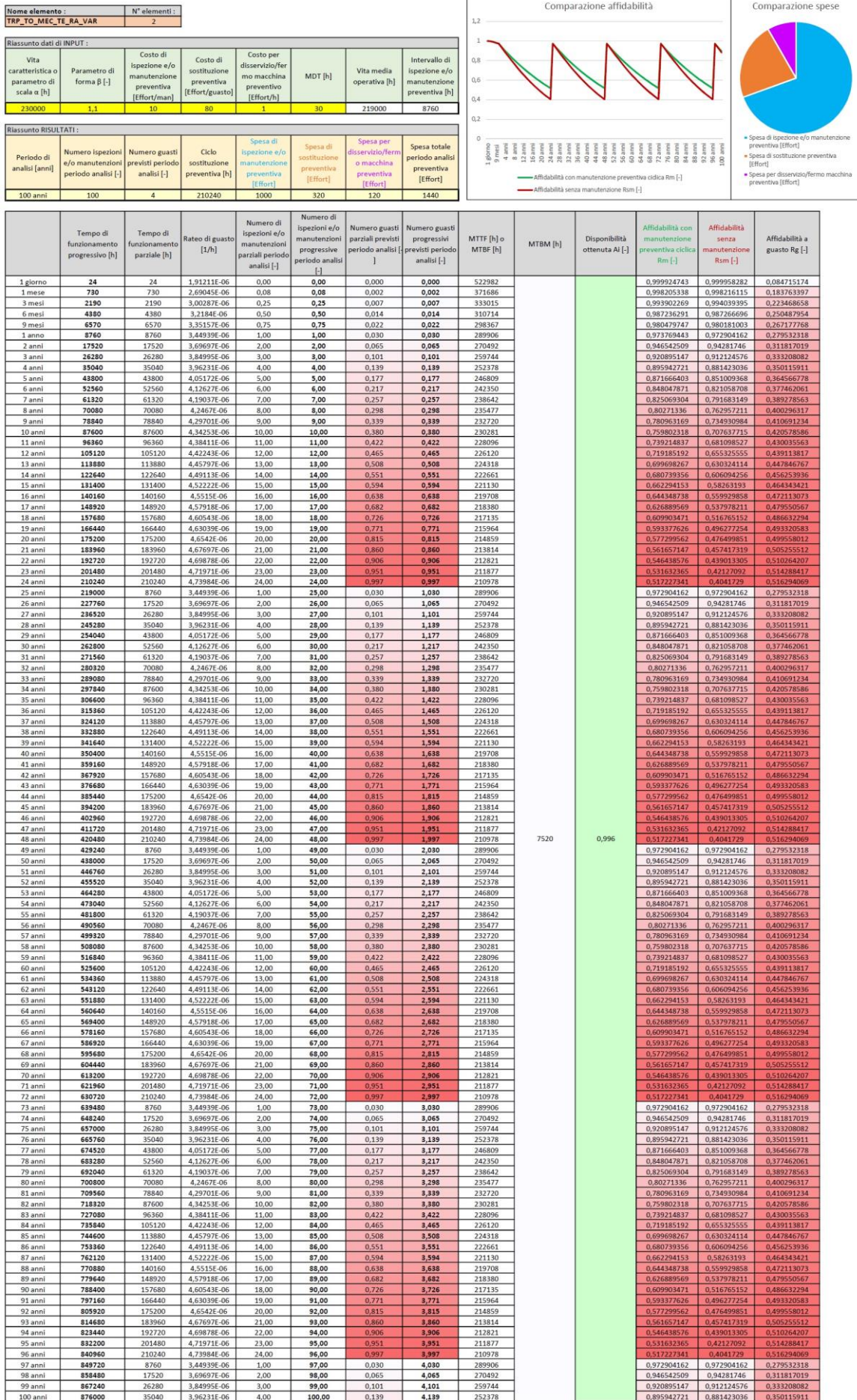
Riduttori circolari concentrici (Weibull)



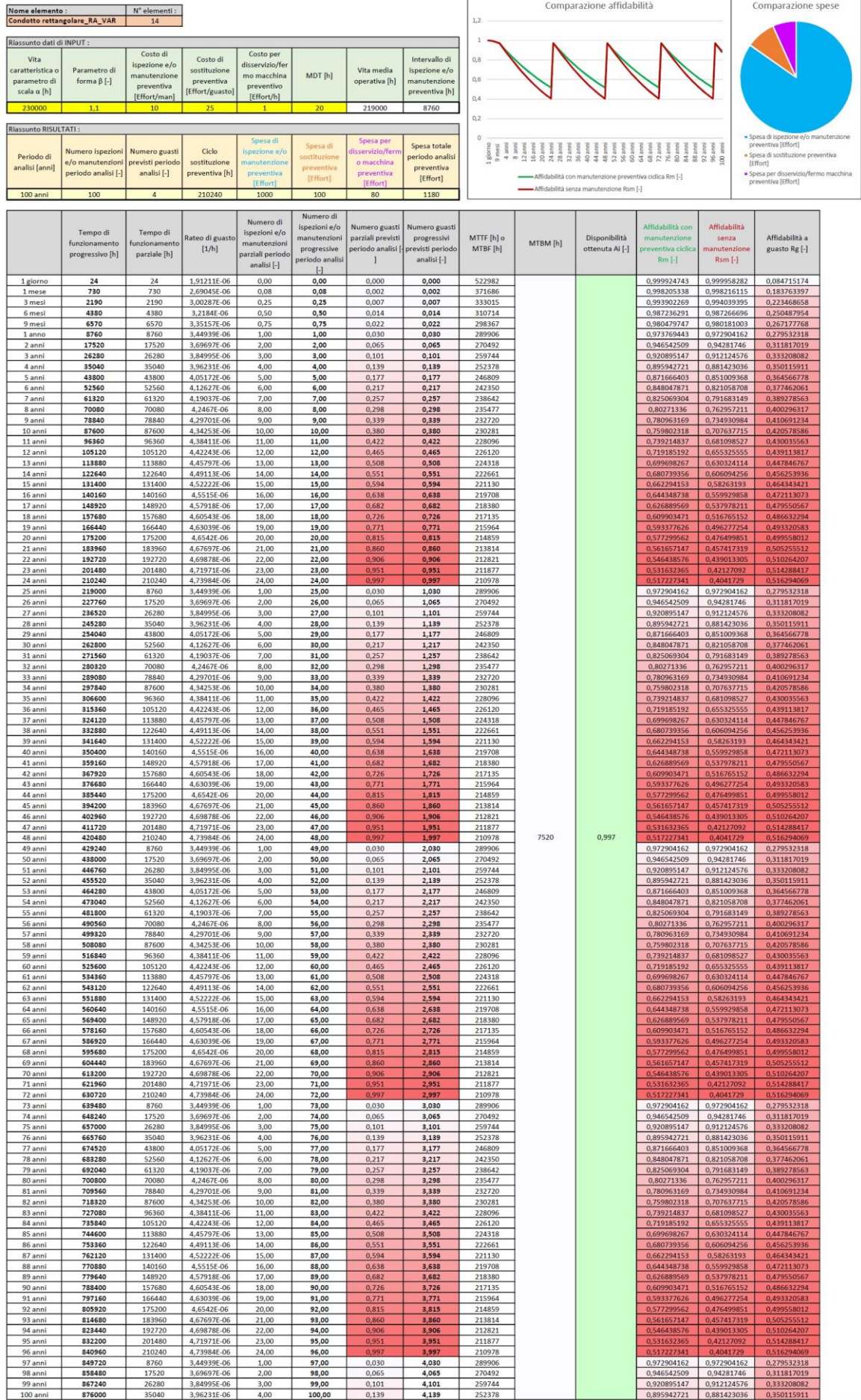
Riduttori da quadrati a circolari (Weibull)



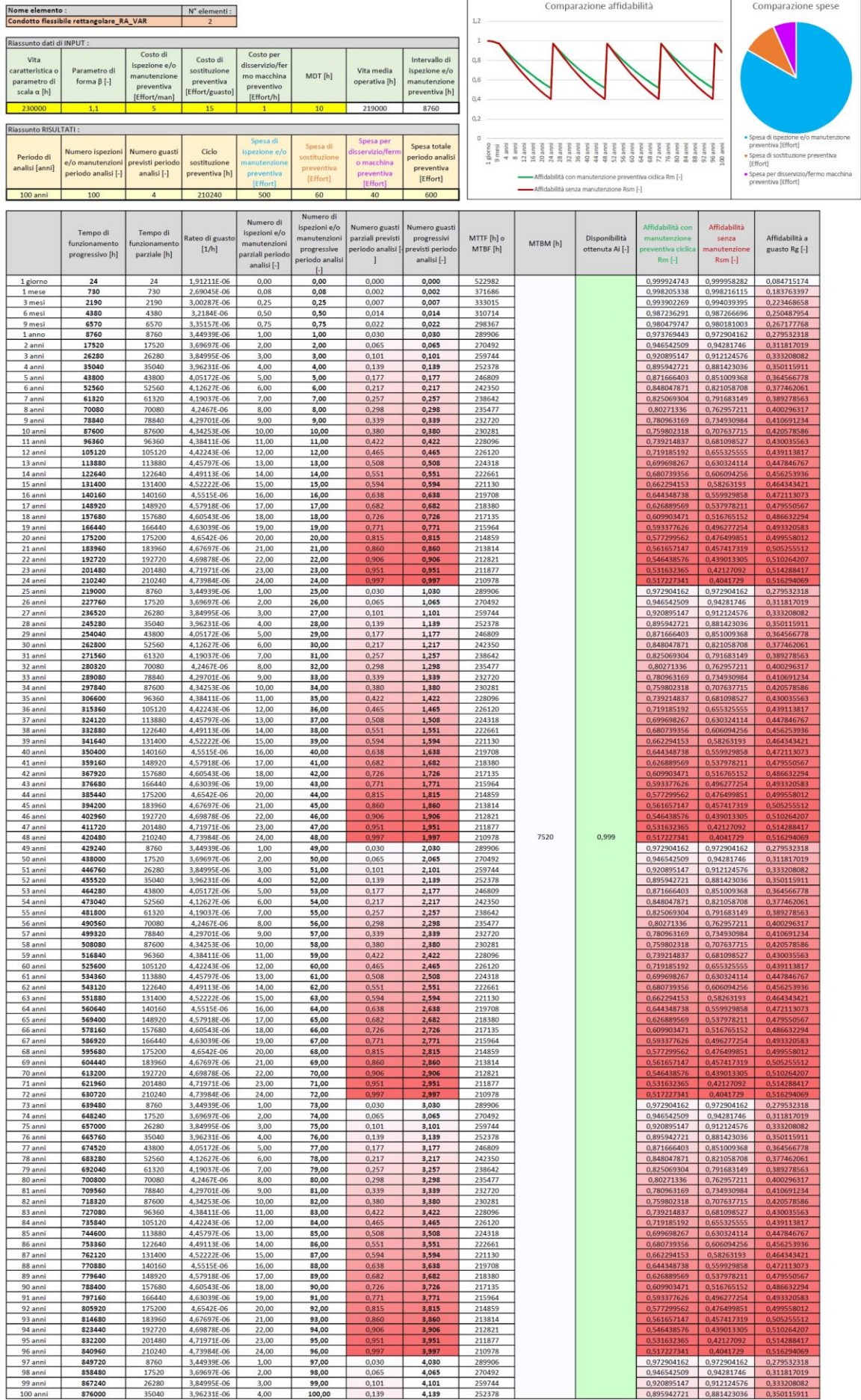
Riduttori da quadrati a quadrati (Weibull)



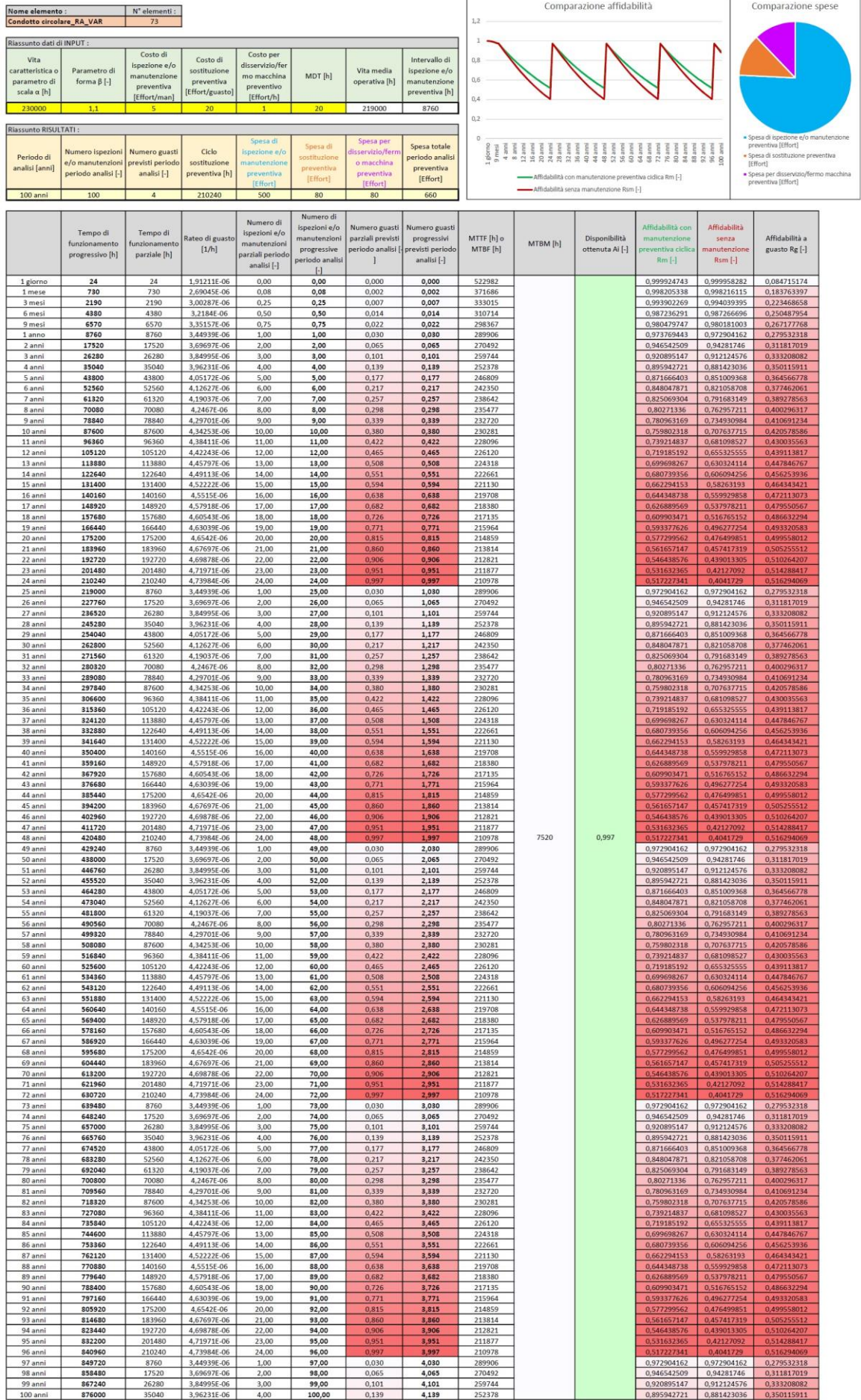
Condotti rettangolari (Weibull)



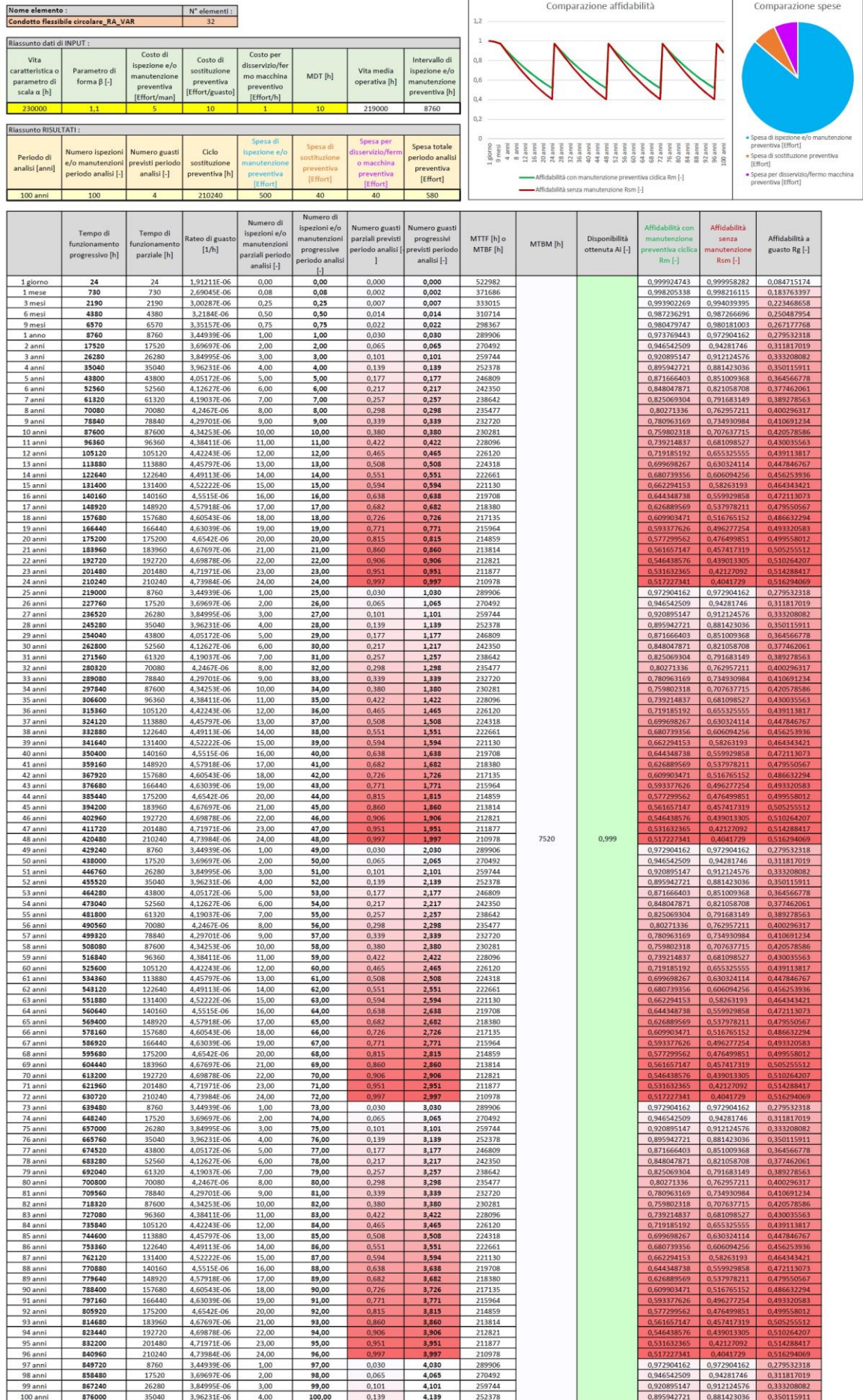
Condotti flessibili rettangolari (Weibull)



Condotti circolari (Weibull)



Condotti flessibili circolari (Weibull)



Bibliografia e sitografia

- [1] <https://www.ingenio-web.it/20070-perche-scegliere-di-progettare-bim-mep-il-punto-di-vista-di-chi-lo-usa-ogni-giorno>
- [2] <http://biblus.acca.it/focus/bim-building-information-modeling/>
- [3] <https://www.01building.it/bim/formato-ifc-interoperabilita/>
- [4] http://www.struttura.it/consulenza_tecnica-strategica/bim/
- [5] <https://www.ingenio-web.it/20070-perche-scegliere-di-progettare-bim-mep-il-punto-di-vista-di-chi-lo-usa-ogni-giorno>
- [6] <https://www.ingenio-web.it/20070-perche-scegliere-di-progettare-bim-mep-il-punto-di-vista-di-chi-lo-usa-ogni-giorno>
- [7] La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore
- [8] Art. 4.2, UNI EN 13306
- [9] Art. 4.1, UNI EN 13306
- [10] Art. 4.4, UNI EN 13306
- [11] La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore
- [12] La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore
- [13] Beretta,2009; Ebeling,2010
- [14] La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore
- [15] Manzini et Al.,2007
- [16] La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore
- [17] https://it.wikipedia.org/wiki/Grattaciolo_della_Region_Piemonte
- [18] <https://modulo.net/it/realizzazioni/palazzo-della-regione-piemonte>
- [19] <https://www.a-sapiens.it/bim/news/normativa-bim-uni-11337>
- [20] <https://www.a-sapiens.it/bim/news/normativa-bim-uni-11337>
- [21] <https://www.01building.it/bim/lod-progettazione-bim/>
- [22] <https://www.01building.it/bim/lod-progettazione-bim/>
- [23] <https://www.linkedin.com/pulse/dynamo-per-revit-matteo-martini>
- [24] La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore
- [25] La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità_Marzio Marigo_Impianti Quaderni per la progettazione_EPC editore

Ringraziamenti

Il primo doveroso ringraziamento va alla Professoressa Anna Osello che mi ha dato l'opportunità di svolgere questo percorso, inizialmente buio per quanto mi riguarda, in quanto la metodologia BIM non l'avevo mai sviluppata direttamente nel corso del mio percorso di studi ma solo affrontata indirettamente. La ringrazio inoltre per la sua costante determinazione nell'incoraggiarci e motivarci ogni volta a dare il massimo, e non solo all'interno dell'ambito universitario.

La seconda persona a cui devo un sentito ringraziamento è l'Ing. Matteo Del Giudice, in quanto è stato un correlatore esemplare, sempre presente, soprattutto nei momenti del bisogno ed in grado di diffondere sempre buone soluzioni e buon umore tra tutti i collaboratori.

Un ringraziamento particolare va anche a tutti i colleghi del team di lavoro tesi con il quale ho condiviso e collaborato instaurando ottime relazioni personali ma comunque non tralasciando il carattere professionale. Solo per citarne alcuni, mi riferisco ad Alice, Alessio, Martina, Milena, Iulian, Andrea, Edoardo e Gabriele.

Ecco, arrivati a questo punto si inizia a fare più difficile la scrittura, in quanto ora è arrivato il turno di quelle persone che al di là del contributo e supporto tecnico professionale richiesto in questo periodo di tesi, loro ci sono sempre, sono le persone che riempiono la mia vita di tutti i giorni. Queste persone per me sono molto importanti, oserei dire fondamentali, in quanto ripongo una grande valore nel rapporto di amicizia, sin da sempre sono stato di questa opinione, e mi ritengo una persona fortunata in quanto ogni giorno sono circondato dai loro affetti, anche se a volte, in situazioni particolari, si vorrebbe qualcosa in più.

Uno speciale ringraziamento va a tutti i "coinqui" con cui ho condiviso la casa a Torino ed instaurato un ottimo rapporto di "coinquilanza". Il primo gruppetto è costituito da Ordo, Pitri, Campa e Zucco, con voi gruppo forte reduce dalla triennale di Ravenna ne abbiamo passate di tutti i colori. Cene, progetti, discussioni ma soprattutto tante tante risate. Con voi il rapporto sta continuando anche oltre al percorso universitario, anche se tornati ognuno alla vostra città natia riusciamo spesso a sentirci e a trovare occasioni per vederci. Successivamente sono subentrati Fede e Michh, con voi ho trascorso il periodo più duro di questi ultimi tempi, in cui lavoravo e studiavo contemporaneamente, questo mi ha limitato nel tempo da potervi dedicare, spero che in futuro potremo dividerne di più e vi ringrazierò sempre per il grande supporto durante le ore dei pasti. Poi arriva il turno di Elee, sei stata un'esplosione di sorrisi, buon umore, voglia di fare cose e tanto tanto supporto in un periodo non proprio dei migliori. Sono veramente felice del tuo arrivo in casa Sant'Anselmo e spero di rimarci con te ancora a lungo mantenendo fisso il nostro appuntamento serale di sport, cena e chiacchiere prima di andare a dormire.

Un grande ringraziamento va anche agli altri due amici Nik e Vitting con cui ho condiviso numerosi progetti universitari, ore e ore davanti al pc, ma poi sempre accompagnate da

buoni pasti e tante birre tutti insieme. Spero tanto di non perderci troppo di vista anche con voi in questo momento in cui le nostre strade lavorative ci stanno portando in città differenti.

Ora spetta il turno dei ragazzi di Torino con cui ho condiviso più serate, pranzi, cene, uscite fuori porta, degustazioni e chi più ne ha più ne metta, nell'ultimo anno molto intenso. In particolare voglio ringraziare Miri, Chiari e la Fra per la loro grande allegria e spensieratezza che portano nel gruppo, Ricca, Gabo e Jasmine per le loro storie super divertenti del passato che raccontano e per la loro grande compagnia, Giamma per la sua passione incontenibile per il volley e per la grande voglia di organizzare cose. Ma un ringraziamento ancora più speciale va al "Gruppo vacanze Piemonte" composto oltre che dal sottoscritto da Luchinz, la Marti e L'Ale. Loro sono stati un pilastro portante dei weekend Torinesi degli ultimi mesi. Con voi le uscite non sono state mai banali né scontate, anche se poi non è stato mai importante il cosa fare ma il con chi lo fare, in quanto siete molto importanti per me e a volte non saprei chi definire di più, anche se altre sì.

L'ultimo grande gruppo a cui è doveroso dare il ringraziamento di una vita intera è per i ragazzi della Romagna. La maggior parte di voi li conosco da quando siamo nati, con voi ho trascorso e condiviso le esperienze più importanti della vita, e con la maggior parte di voi ancora è rimasto tutto immutato, anche se i tanti km ci dividono per molti giorni, a volte anche mesi, al momento del mio ritorno per il weekend voi ci siete sempre e mi riempite il cuore ogni volta come se fosse la prima volta. Un ringraziamento particolare lo voglio fare a Lisa e Chri che fanno parte del gruppo conosciuto in palestra, con voi condivido e condiderò sempre tante risate e fiumi di vino, anche se siete più grandi di me siete alcune delle persone più cariche e giovanili che conosco. Un altro ringraziamento di rilievo va agli amici della cumpa, amici di infanzia con i quali si rimane in contatto tutta la vita come i membri del "branco", Dani, Lele, Bessa e gli amici del bar Eli, Caro, Pera, Azza, Sere, Nikkie.....solo per citarne alcuni. Poi arrivano gli elementi più importanti della mia amicizia, Franzo, Mateo, il Pisti, la Mimins, l'Ali, la Vero e la Betts. La Betts nonostante i suoi mille impegni tra lavoro e studio riesce sempre a ritagliare dei momenti da dedicarmi per riaggiornarci delle novità e scambiarsi utili consigli davanti ad un paio di birre per chiarirci le idee, la Vero anche se ultimamente un po' più lontana dovuto ai suoi innumerevoli spostamenti lavorativi degli ultimi anni riesce sempre ad esserci nei momenti più importanti ed a dare il suo grande contributo. Poi c'è l'Ali, lei è sempre stata e sempre sarà quella grande amica in grado di dirti sempre la verità com'è anche se a volte può fare del male inizialmente, ma poi comunque in grado di risollevarti e spingerti verso nuovi obiettivi. La Mimi, ecco è arrivato il suo turno. La Mimi è difficile da descrivere e ringraziare per tutto quello che ha fatto, sta facendo e continuerà a fare. La Mimi è stata quella persona sempre presente in qualsiasi momento, quella persona di cui mi fido cecamente, quella persona che forse sei in grado di capire di più e lei capire di te. Per te Mimi ora basta complimenti anche perché dovrei riempire ancora altre mille pagine e mi sono stancato di scrivere, ma tu sai veramente il bene che ti voglio e che sempre ti vorrò. Poi è il momento dei tre impostati, ma veri, AMICI. Con voi ho condiviso i momenti più intimi della mia vita, le avventure più pazze e strane, quelle da raccontare ai figli una volta diventati grandi. Non

ho parole anche in questo caso per descrivere il rapporto di amicizia che ci lega, ma la cosa più importante è che potrò contare su di voi per sempre.

Infine ma non per ordine di importanza ci sono i parenti. Un ringraziamento particolare va a tutti loro, Nico, Matti, Geo, Giuly, Diego, Mely, Orazio, Claudia, Sofy, Davide, Fabio, Rosy e Nonna. Voi mi avete sempre supportato e mai fatto mancare il vostro sostegno. Ma il ringraziamento più grande di tutti va a voi, Babbo e Mamma. Sì perché così mi piace chiamarvi, sin da piccolo mi è sempre piaciuto di più che chiamarvi per nome. Specialmente tu mamma mi hai sempre seguito e sostenuto in tutto, in tutte le mie decisioni, a volte anche se andavano contro alle tue idee ed ideali, hai comunque sempre ascoltato le mie ragioni e mi hai fatto sempre sbattere la faccia contro le mie scelte standomi comunque al fianco per supportarmi. E un grande grazie anche a te babbo perché anche se spesso con i tuoi silenzi non sembravi prendere una posizione io in fondo sapevo che eri sempre dalla mia parte ed in caso di aiuto avrei potuto contare su di te.

A questo punto voglio non farmi un ringraziamento personale, perché penso di essermi sempre meritato le cose con il duro lavoro senza ricevere regali da nessuno, ma voglio farmi un grande augurio, quello di trovare nel futuro un lavoro che mi piaccia e mi appaghi e quello di trovare una persona affianco a me che mi sappia capire e con la quale possa condividere grandi emozioni che mi rendano felice, in quanto penso che sia questa la più grande aspirazione di tutti, essere felici.