

Ascensori a uso limitato: consumi in stand-by

Low usage lift: stand-by consumption

K. Ferhat Çelik

Blain Hydraulics, Heilbronn, Germania/Germany

S OMMARIO

Le preoccupazioni legate al riscaldamento globale e all'inquinamento ambientale sono elementi che spingono a un utilizzo ottimale dell'energia negli impianti ascensoristici. Gli ascensori utilizzano dal 3% al 10% dell'energia di un edificio. Vi sono stati vari sviluppi volti alla diminuzione del consumo energetico degli ascensori e alcuni di questi sono già stati messi in uso. Gli ascensori che sono utilizzati di frequente consumano più energia per il funzionamento rispetto a quando sono in stand-by. Tuttavia, una gran parte degli ascensori, in particolar modo gli ascensori degli edifici residenziali, trascorrono più tempo in stand-by, quindi il loro consumo energetico è determinato dal tempo di stand-by. Inoltre, l'effettivo consumo energetico dovrebbe comprendere i valori di energia equivalenti per i costi di manutenzione e parti di ricambio. Di conseguenza, mentre si considera l'utilizzo di energia, adeguata importanza dovrebbe essere attribuita ai consumi dovuti allo stand-by e alla manutenzione. Inoltre, i brevi periodi di rientro dei sistemi ascensoristici efficienti a livello energetico si affermano come importante criterio nel preferire questi sistemi. In questo articolo, i costi di manutenzione e di energia consumata durante la modalità di stand-by da parte di unità di azionamento di ascensori elettrici e idraulici sono presi in considerazione e il consumo energetico degli ascensori è esaminato in modo molto approfondito.

1. INTRODUZIONE

Vari metodi sono utilizzati dai ricercatori per determinare il consumo energetico degli ascensori.

Alcuni di questi sono: approcci teorici, soluzioni basate su formule e tabelle, risultati che sono riscontrati sulla base di misurazioni, soluzioni ibride e infine, tecniche di modellazione e simulazione [1].

Al-Sharif e i suoi colleghi hanno rivelato di aver ottenuto valori adeguati sul consumo energetico degli ascensori eseguendo simulazioni con il loro software flessibile e utilizzando il modello creato da loro [2].

Tuttavia, dei risultati corretti con i modelli sono possibili solo se vengono inseriti dati realistici.

Quelli importanti tra questi dati sono il numero e l'intensità delle corse, lo stato di carico e la massa del contrappeso, l'altezza della corsa, ecc. Il sistema di azionamento da scegliere, in base all'affidabilità di questi dati, influenzerà l'utilizzo energetico dell'ascensore in modo significativo.

A BSTRACT

The global warming and environment pollution concerns also enforce the optimum utilization of energy at elevator systems. Elevators utilize 3% to 10% of the buildings' energy.

There have been various developments for decreasing the energy consumption of elevators and some of these have already been in use. Elevators that are utilized frequently consume more energy in operation than when they are at stand-by.

However, a great proportion of elevators, particularly elevators in residential buildings, spend more time at stand-by therefore, their energy consumptions are dominated by the stand-by time. Moreover, the actual energy consumption assessment should include the energy equivalent values for the costs of maintenance and spare-parts.

As a consequence, while the energy utilization of elevators is regarded, an adequate amount of importance should be given to the consumptions due to stand-by and servicing.

Furthermore, the short pay-back periods of energy-efficient elevator systems comes forward as an important criterion in the preference of these systems.

In this article, the servicing costs and power consumed during the stand-by mode by the traction and hydraulic elevator drive units are taken into consideration and the energy consumption of elevators is dealt with more particularly.

1. INTRODUCTION

Various methods are followed up by the researches in order to determine the energy consumption of elevators.

Theoretical approaches, solutions based on formulas and tables, results that are found by measurement, hybrid solutions and finally modelling and simulation techniques are some of them [1].

Al-Sharif and his colleagues revealed that they have obtained suitable values on the energy consumption of the elevators by making simulations with their flexible software and utilizing the model they created [2].

However, correct outcome of the models may be possible only when they are fed with realistic data.

The important ones among these data are number and intensity of travels, state of loading and counter-weight load, travel height etc. The drive system due to be selected, based on the reliability of these data, will influence the energy utilization of the elevator to a significant extent.

2. CONSUMO DI ENERGIA IN STAND-BY

Gli sviluppi nell'ambito della tecnologia microelettronica hanno anche iniziato a essere utilizzati negli impianti ascensoristici dagli inizi degli anni 1980 e i sistemi di controllo degli ascensori basati su relè sono stati abbandonati e sostituiti con quadri di controllo elettronici. In tal modo, i problemi derivanti da impianti di controllo basati su relè come i guasti frequenti, la breve durata, le grandi dimensioni e i progetti non flessibili, risultano evitati. I vantaggi derivati dal sistema di controllo elettronico hanno fatto trascurare il maggior utilizzo di energia durante lo stand-by. Con l'inizio dell'uso di sistemi di blocco delle porte e di azionamenti a velocità variabile, che sono stati sviluppati in periodi successivi, unitamente ai pulsanti illuminati, display all'interno e all'esterno della cabina, sistemi di avviso e sicurezza e altri impianti elettronici simili per ascensori, i requisiti di energia durante lo stand-by sono aumentati per poter mantenere attivi tutti questi sistemi. Parallelamente, le unità di azionamento per ascensori a doppia velocità, che erano intensamente utilizzate nei periodi precedenti, hanno lasciato il posto ai sistemi di motori compatti con azionamenti a velocità variabile (VSD) (motore elettrico + azionamento). Queste unità di azionamento sono diventate note perché erano utilizzate con gli ascensori

machine room-less (MRL), dove i motori a induzione e magneti permanenti sono azionati principalmente da azionamenti VVVF (con tensione e frequenza variabili) (gli azionamenti VVVF sono spesso chiamati inverter). Con l'uso di questi sistemi negli MRL, il sistema di riduzione dell'argano è eliminato, la dimensione del motore ridotta, il confort di viaggio risulta aumentato e il consumo energetico ridotto sino al 50% rispetto agli ascensori a trazione tradizionali [3].

Insieme agli MRL, gli inverter iniziarono anche a essere preferiti sugli ascensori a trazione tradizionali (motore + argano di riduzione + inverter) che dispongono di sala macchine e gruppo argano. Questa applicazione è utilizzata anche come alternativa efficiente a livello energetico all'impianto ascensore a doppia velocità. Invece di ascensori elettrici con inverter, introdotti come una soluzione di efficienza energetica, le centraline idrauliche con inverter e/o accumulatori si sono conquistate il proprio posto sul mercato come soluzioni efficienti a livello energetico. Sebbene un ulteriore consumo di energia con gli inverter si sia verificato nel consumo energetico complessivo degli ascensori, le unità di azionamento con inverter sono state presentate come una soluzione energetica efficiente per tutti. Insieme alla maggiore competizione sul mercato ascensoristico per edifici bassi, l'uso di unità ascensoristiche con inverter è diventato una moda. Questi sistemi sono poi stati imposti ai consumatori come le uniche soluzioni efficienti a livello energetico indipendentemente dall'uso dell'ascensore. Poi, una nuova strategia di mercato ha sostenuto con discorsi imperniati sull'ecologia un aumento di vendite di unità ascensoristiche con inverter. È stato sostenuto in una ricerca eseguita dalla Swiss Agency for Energy

2. STAND-BY ENERGY CONSUMPTION

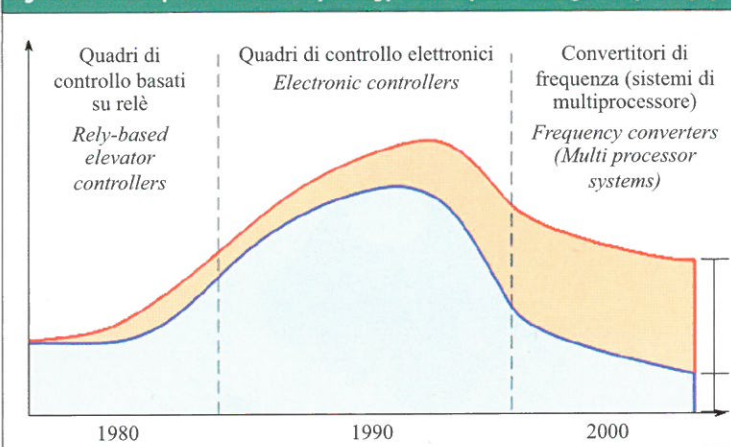
Developments in the microelectronic technology also started to be used in elevator systems from the beginning of 1980s and relay-based elevator control systems have been abandoned and replaced by electronic elevator controllers. By this means, the problems arising from the relay-based control systems such as frequent failure, short life, big size and non-flexible designs have been prevented. As a result of such advantages of the electronic control system, its extra energy utilization at stand-by has been neglected. By the commencement of the use of door-lock systems and variable speed drives that are developed in subsequent periods together with illuminated-press buttons, inner- and outer-cabin displays, warning and safety systems and other similar electronic systems on elevators, the stand-by power requirement have tended to increase in order to keep all these systems active.

In parallel to this, the double-speed elevator drive units that were in use intensively in previous periods have left their place to compact motor systems with variable speed drives (VSD) (electrical motor + drive). Such drive-units become known as they were used with machine room-less elevators (MRL)

where, the induction and permanent magnet motors are driven by mostly vvvf (varying voltage-varying frequency) drives (vvvf drives are frequently called as inverters). By the use of these systems at MRLs, the gear reduction system is eliminated, the motor size is reduced, the riding quality is increased and it was reported that the energy consumption is decreased up to 50% in comparison with the conventional traction elevators [3]. Along

with the MRLs, the inverters also began being preferred on the conventional traction elevators (motor + reduction gear + inverter) that have the machine room and the gear group. This application is also used as the energy-efficient alternative to the double-speed elevator system. In return to the traction elevators with inverters, introduced as an energy-effective solution, hydraulic elevator power units with inverters and/or accumulators have taken their places at the market as energy-efficient solutions. Though, an additional energy consumption by inverters has taken its place in the total energy consumption of the elevators, the drive-units with inverters have been presented as the energy-efficient solution for all. Together with the increased competition in the low-rise elevator market, using elevator drive-units with inverters become a trend. These systems were then imposed on consumers as the only energy efficient solution regardless of the elevator's annual usage. Then a new marketing strategy has been shaped into environment friendly speeches to increase sales of elevator drive-units with inverters. It was reported in a research, carried out by the Swiss Agency for Energy Efficiency (SAFE) [4] on 33 different elevators, that

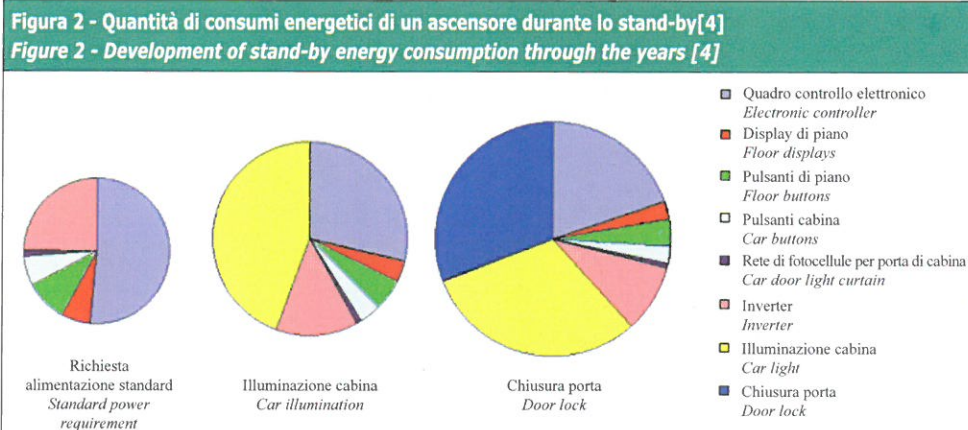
Figura 1 - Sviluppo del consumo di energia stand-by negli anni [4]
Figure 1 - Development of stand-by energy consumption through the years [4]



Efficiency (SAFE) [4] su 33 diversi ascensori, che la quantità di energia consumata dagli ascensori in modalità stand-by ha raggiunto l'80% circa del consumo totale di energia. Nella Figura 1 è illustrato lo sviluppo di consumo energetico durante lo stand-by negli anni. Si può chiaramente notare che il consumo di energia raggiunge un livello critico. Nella ricerca di SAFE, viene anche indicato che su ascensori molto utilizzati, le soluzioni idrauliche con inverter hanno la stessa efficienza energetica degli MRL elettrici. La stessa conclusione è stata dedotta da Lees [5] nella sua tesi MSc. Questi risultati non supportano una conclusione generale che indica che gli ascensori idraulici consumano più energia degli MRL elettrici. Nello studio di Lees si stabilisce anche che su ascensori con scarso utilizzo, l'uso di inverter aumenta il consumo di energia durante lo stand-by; quindi, i tradizionali ascensori idraulici restano ancora una buona scelta. È anche stato notato che se un ascensore resta in modalità stand-by per l'80%, l'inverter consuma una quantità di energia pari a 222 kWh/ascensore per anno. Ciò significa che su ascensori di scarso uso, il consumo di energia aumenterebbe nonostante l'uso delle più recenti tecnologie ascensoristiche che mirano all'efficienza energetica. Inoltre, in vari articoli viene indicato che ogni impianto ascensoristico efficiente a livello energetico di questo genere, non porta a risultati economicamente vantaggiosi [3,6]. Un altro esempio simile, potrebbero essere gli impianti idraulici con accumulatori. Nonostante questi sistemi non siano utilizzati di frequente a causa dei costi iniziali, viene indicato che il sistema consumerebbe più energia in caso questi tipi di ascensori vengano utilizzati continua-

the share of the energy, consumed by the elevators at the stand-by mode has reached around 80% within the total energy consumption. In Figure 1, development of stand-by energy consumption through the decays is given. There it can be clearly seen that stand-by energy consumption has reached a critical level. It is also indicated in SAFE's research that on high usage lifts, the hydraulic solutions with inverters are as much energy-efficient as the traction MRLs. The same conclusion again made by Lees [5] in his MSc thesis. These results do not support a general conclusion indicating that the hydraulic elevators consume more energy than traction MRLs. It is also stated in the study of Lees that on low usage elevators utilization of inverters would increase the stand-by energy consumption and therefore, the conventional hydraulic elevators still remained to be a serious choice. It was also noted in this study that if an elevator remains at the stand-by mode by 80 %, the inverter would consume an energy amount of 222 kWh/elevator per year. This means that on low usage elevators, the energy consumption would increase despite of the use of the latest energy-efficient elevator technology. It is also indicated in different articles that every energy-efficient elevator system, overlapping with this inference, did not bring cost-efficient results [3,6]. Another example of this may be the hydraulic systems with accumulators. In spite of the fact that these systems are not frequently used as a result of their initial costs, it is indicated that the system would consume more energy in case these types of elevators are used continually with low

mente con bassi carichi [5]. Gli usi che influiscono sul consumo di energia in stand-by sono illustrati nella Figura 2. Come si può notare, l'illuminazione in cabina sempre accesa e il sistema di chiusura delle porte indicano i massimi utilizzi. Questi



loads [5]. The utilizations affecting the stand-by energy consumption are shown in Figure 2. As is seen there, permanently on cabin lights and door locking system indicate maximum utilizations. This is followed by the electronic con-

troller and inverter. Gli altri, però, sono elencati, come pulsanti di piano, display ai piani, pulsanti cabina, tendina luminosa in cabina eccetera.

troller and inverter. The other ones, however, are listed up as floor buttons, floor displays, cabin buttons and the cabin light curtain and so on.

Nel Riferimento 4, il consumo standard di energia degli ascensori è calcolato con la seguente formula;

In Reference 4, the standard energy consumption of elevators is calculated by the following formulae;

$$E = \frac{Z \cdot k1 \cdot k2 \cdot h_{max} \cdot P_m}{v \cdot 3600} \text{ [kWh/anno]}$$

$$E = \frac{Z \cdot k1 \cdot k2 \cdot h_{max} \cdot P_m}{v \cdot 3600} \text{ [kWh/year]}$$

- E Consumo energetico annuo
- k2 Fattore altezza vano (due piani: 1, altro 0.5)
- k1 Fattore di carico medio (trazione: 0.35, trazione + rigenerativo: 0.21, idraulico: 0.3)
- P_m Potenza motore [kW]
- v Velocità ascensore [m/s]
- h_{max} Altezza massima vano
- Z Numero di cicli di corse annue

- E Annual energy consumption
- k2 Shaft height factor (two floors : 1, other 0.5)
- k1 Average load factor (traction: 0.35, traction + regenerative: 0.21, hydraulic: 0.3)
- P_m Motor power [kW]
- v Elevator speed [m/s]
- h_{max} Maximum shaft height
- Z Number of annual travel cycle

Figura 3 - Consumi di energia di esercizio e stand-by in base al numero di cicli di corse [4]
Figure 3 - Operational and stand-by energy consumption according to the number of travel cycles [4]

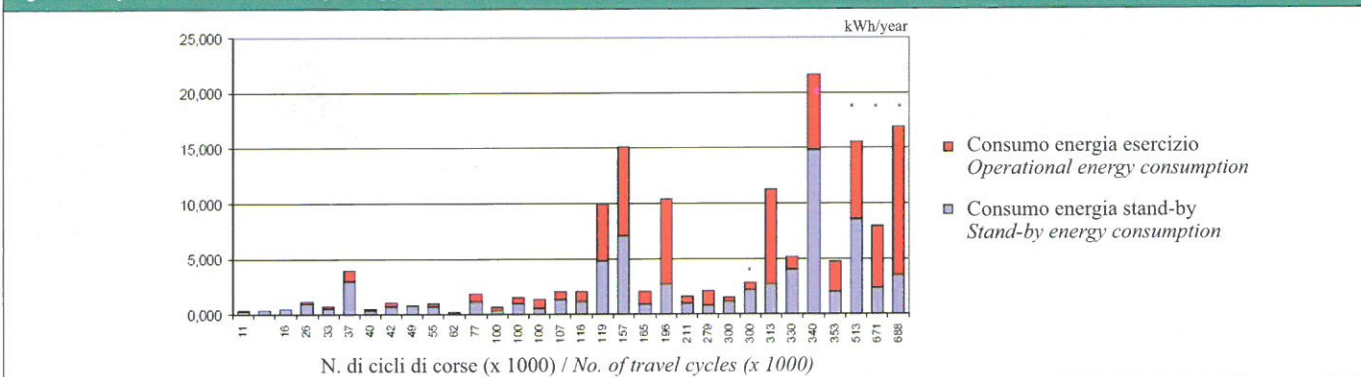


Figura 4 - Percentuali di consumi stand-by in base al tipo di edificio [4]
Figure 4 - Percentage stand-by consumptions according to the type of buildings [4]

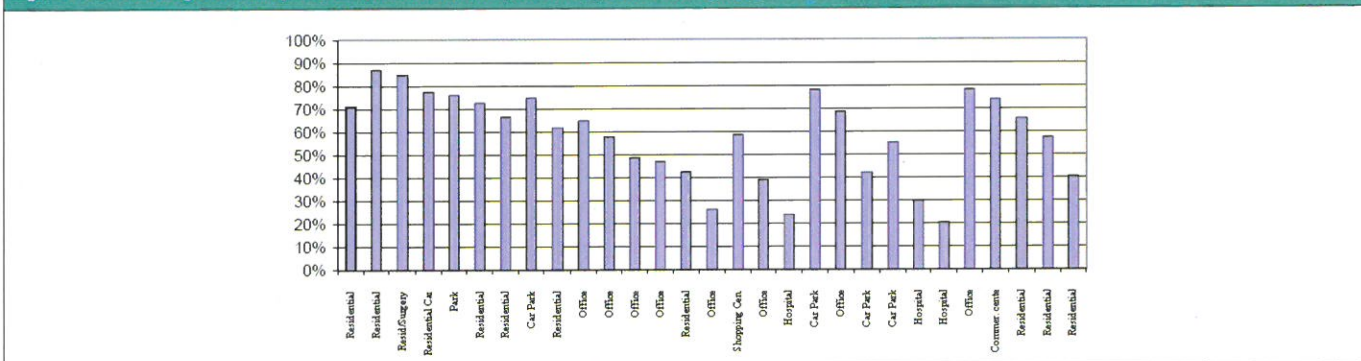


Tabella 1 - Numero di cicli di corse e consumi energetici in stand-by per vari tipi di edifici

Table 1 - Number of travel cycles and stand-by energy consumptions for various types of buildings

Tipo di edificio	Capacità [Kg]	Velocità [m/s]	N. di fermate	Wh per ciclo	N. di cicli di corse p.a.	kWh p.a incluso stand-by	% in modalità stand-by
Type of building	Capacity [Kg]	Speed [m/s]	No. of stops	Wh per cycle	No. of travel cycles p.a.	kWh p.a including stand-by	% in stand-by mode
Piccolo appartamento <i>Small apartment</i>	630	1	6	4	40,000	950	83
Ufficio (appartam. medie dim.) <i>Office (medium size apartment)</i>	1,000	1.5	8	13	200,000	4,350	40
Ospedale, grandi uffici <i>Hospital, large office blocks</i>	2,000	2	12	19	700,000	17,700	25

I consumi energetici durante l'esercizio e lo stand-by in rapporto al numero di cicli ascensoristici sono illustrati nella Figura 3 [4]. Nella Figura 4, però, i consumi energetici sono indicati in percentuali in base al tipo di edificio [4].

Si può notare dalla Figura 3 e 4 che i consumi di energia in stand-by generalmente variano tra il 20% e l'85% e in edifici residenziali il valore medio sembra essere intorno al 67%. Utilizzando la formula (1), le proiezioni ricavate per ascensori elettrici (senza argano, motore +inverter) sono illustrate nella Tabella 1[4]. Si nota a questo punto che i cicli di corse annuali di un tipico appartamento (6 piani) sono circa 40.000 (110 cicli al giorno) e nonostante l'uso di un efficiente impianto energetico, l'83% del consumo di energia è impiegato nella modalità di stand-by.

The energy consumptions during operation and stand-by in relation to the number of elevator cycles are given in Figure 3 [4]. In Figure 4, however, the energy consumptions are indicated in percentages according to the building type [4].

It may be seen from Figures 3 and 4 that the stand-by energy consumptions generally vary between 20% and 85% and in residential buildings the average value seems to be around 67%. Using the formulae (1), the projections being obtained for traction elevators (non-geared, motor +inverter) are given in Table 1[4].

It is seen at this point that the annual travel cycles of a typical (6-floor) apartment is around 40,000 (110 cycles per day) and despite the use of an energy-efficient system, 83% of the energy

Questo viene calcolato come il 40% per ascensori in edifici di medie dimensioni con un numero di cicli di 200.000 (550 cicli al giorno) contenente lo stesso impianto di azionamento e inoltre, come il 25% in ospedali e grandi edifici di uffici con un numero di cicli di 700.000 (1.900 cicli al giorno).

3. FATTORI CHE INFLUISCONO SUL CONSUMO ENERGETICO STAND-BY

Vengono anche sviluppati relativi sistemi di controllo ascensoristici per l'efficienza energetica con l'obiettivo di ridurre elevati consumi energetici in stand-by in modalità passiva (stand-by) e attiva (esercizio) [7]. In questi sistemi, quando l'ascensore non è utilizzato per specifici periodi, il livello energetico è gradualmente ridotto (controllo passivo). Nella prima fase, le luci di cabina si abbassano e gli indicatori di direzione ai piani e in cabina, i display di cabina e i pulsanti a doppia illuminazione vengono spenti. Nella seconda fase, vengono spenti il controllo delle porte, l'elettronica di cabina, le ventole dell'inverter e i pulsanti a doppia illuminazione ai piani. L'attivazione del sistema da questa modalità richiede un periodo di 30 secondi. Mentre nel controllo attivo, la velocità della corsa viene ridotta e la cabina è rallentata direttamente sino al livello del piano in modo da guadagnare il tempo del livellamento al piano. Inoltre, una parte dell'energia cinetica è recuperata con le unità di azionamento rigenerative. Viene indicato che un risparmio energetico del 50% viene raggiunto mediante sistemi di controllo di efficienza energetica e questo rapporto raggiunge in alcuni casi il 90% [7]. La *German Engineers' Association (DVI)* ha indicato che esistono vari potenziali settori per promuovere il risparmio energetico sugli impianti ascensoristici e ha pubblicato le misure necessarie da intraprendere per ridurre il consumo energetico degli ascensori [8]. Di conseguenza, è sottinteso che è possibile risparmiare una notevole quantità di energia tramite lo sviluppo di efficaci sistemi di controllo. Tuttavia, il metodo DVI per determinare le classi energetiche degli ascensori ha ricevuto molte critiche a causa della mancanza di omogeneità durante l'European Lift Congress 2008, Germania (Nde - Vd Elevatori 6/2008, "3° European Lift Congress", B. Ciborra, pag. 13).

Tabella 2 - Requisiti di potenza di vari quadri di controllo elettronici

Azienda	Quadro di controllo elettronico stand-by [W]	Sistema di azionamento
A	68	Elettrico a doppia velocità
	114	Elettrico a doppia velocità
	83	Idraulico
	103	Idraulico
	167	VVVF (7.5kW inverter)
	201	VVVF (11kW inverter)
	452	VVVF (30kW inverter)
B	80	vvvf
C	27	Elettrico a doppia velocità
	61	Elettrico a doppia velocità
	61	Idraulico
	714	VVVF (5.5kW inverter)
	327	VVVF (11kW inverter)

Oltre ai relativi cambiamenti di software e hardware da eseguire nei sistemi di controllo degli ascensori per la riduzione del consumo energetico in stand-by, è anche necessario fare

consumption is spent during the stand-by mode. This is calculated as 40% for elevators at medium size with a cycle number of 200.000 (550 cycles per day) containing the same drive system and furthermore, as 25% in hospitals and big office buildings with a cycle number of 700.000 (1,900 cycles per day).

3. FACTORS AFFECTING STAND-BY ENERGY CONSUMPTION

Relevant energy-efficient elevator control systems with the objective for reducing high stand-by energy consumption in passive (at stand-by) and active (in operation) modes are also developed [7]. In these systems, when the elevator is not used for specific periods, the energy level is reduced gradually (passive control). At the first stage, the car lights are dimed and direction indicators on floors and in the car, car displays and dual-illuminated buttons are turned off.

At the second stage, however, the door controller, cabin electronics, inverter fans and dual-illuminated buttons on floors are turned off. The activation of the system from this mode takes a period of 30 seconds. Whereas in the active control, the travel speed is reduced and the cabin is directly slowed down to the floor level so that levelling time is gained. Additionally, a part of kinetic energy is recovered with the regenerative drive units upon preference. It is indicated that an energy saving up to 50% is achieved through the energy-efficient elevator control systems and this proportion went up to 90% in some cases [7].

German Engineers' Association (DVI) indicated that there are various potential fields to make energy savings in elevator systems and published necessary measures to be taken in order to lower the energy consumption of elevators [8].

As a consequence, it is understood within this framework that it is possible to make substantial amount of energy saving through the development of effective control systems. However, DVI's methodology for determining energy classes for elevators had many critics about not being consistent during the European Lift Congress 2008, Germany (Editorial's Note - See Elevatori 6/2008, "3° European Lift Congress", B. Ciborra, pag 13).

Table 2 - Power requirements of various electronic controllers

Firm	Electronic Controller Stand-by [W]	Drive system
A	68	Double speed traction
	114	Double speed traction
	83	Hydraulic
	103	Hydraulic
	167	VVVF (7.5kW inverter)
	201	VVVF(11kW inverter)
	452	VVVF (30kW inverter)
B	80	vvvf
C	27	Double speed traction
	61	Double speed traction
	61	Hydraulic
	714	VVVF (5.5kW inverter)
	327	VVVF (11kW inverter)

In addition to relevant software and hardware changes to be made at the elevator control systems for the reduction of the stand-by energy consumption, it is also necessary to pay attention and

attenzione alla scelta dell'unità di azionamento. Per mettere a confronto solo i consumi energetici di varie unità di azionamento, è necessario eseguire una valutazione mantenendo gli impianti comuni (illuminazione, ventilazione, dispositivi di sicurezza, chiusura porte ecc) che sono disponibili in tutti i tipi di unità di azionamento, separati.

In tal modo, sono identificati tre importanti fattori che influiscono sul consumo di energia in stand-by delle unità di azionamento.

3.1 Consumo di energia in stand-by dell'unità di controllo dell'ascensore

Come indicato nella Tabella 2, i consumi di energia dei quadri di controllo dell'ascensore prodotti da varie aziende, differiscono gli uni dagli altri. Ciò è principalmente dovuto all'energia richiesta dagli inverter in fase di stand-by.

Tabella 3 - Requisiti di energia in stand-by dei vari inverter provenienti da varie aziende (esclusa l'energia per le ventole)

Azienda	Inverter [kW]	Consumo in stand-by [W]
A	4.6 - 7.5	30
	11 - 15	39
B	55	60
C	5.5 - 37	60
D	5.5	21
	7.5	26
	11	32
	15	41

3.2 Consumo di energia in stand-by dell'inverter

I consumi di energia in stand-by di alcuni inverter, prodotti da varie aziende, sono illustrati nella Tabella 3. Come si può notare, i valori di stand-by mostrano variazioni in base alla fattura dei prodotti. Qui, l'energia delle ventole non è considerata, cosa che aggiungerebbe dai 6 ai 14 W. Durante questa indagine si è scoperto che la maggior parte dei produttori di inverter non sono informati sull'importanza dei consumi di energia durante lo stand-by. Molti prodotti di valide aziende si attestano sui limiti più alti della Tabella 3. L'uso di un inverter di maggiori dimensioni è molto comune tra i produttori di ascensori per tollerare i requisiti di progettazione. D'altra parte, la scelta di un inverter non perfettamente adatto sulla base del motore comporta consumi in stand-by più elevati.

Tabella 4 - Requisiti energetici in stand-by di vari UPS (esclusa l'energia per le ventole)

Azienda	UPS [VA]	Consumo in stand-by [W]
A	450	23
	750	24
B	1500	38
C	2000	81

3.3 Consumo energetico in stand-by di UPS (Fonte di Alimentazione Ininterrotta)

Si è verificato un ampio uso di UPS (Uninterrupted Power Source) specialmente con il sopraggiungere dell'uso di sistemi

care in the selection of the drive unit.

To compare only the energy consumptions of various drive units, it is necessary to make an assessment by keeping the common systems (lightings, ventilation fans, security equipments, door lock etc) that are available in all types of drive-units, as separate.

By that way, three important factors that affect the stand-by energy consumption of the drive units are identified.

3.1 Stand-by energy consumption of the elevator controller

As is indicated in Table 2, the energy consumptions of the electronic elevator controllers from various firms differ from each other. This is mainly because of the powers, drawn by the inverters at stand-by.

Table 3 - Stand-by power requirements of various inverters belonging to different firms (excluding fan powers)

Firm	Inverter [kW]	Stand-by consump. [W]
A	4.6 - 7.5	30
	11 - 15	39
B	55	60
C	5.5 - 37	60
D	5.5	21
	7.5	26
	11	32
	15	41

3.2 Stand-by energy consumption of the inverter

The stand-by energy consumptions of some inverters, manufactured by different firms, are given in Table 3.

As is seen therein, the stand-by values show variations depending on the make of the products.

Here, fan powers are not considered which add 6 to 14 W.

During this research it was found out that most inverter manufacturers are not aware of the importance of stand-by energy consumption. Many respectable firms' products stayed at the higher limit in Table 3.

Using a bigger size inverter is very common among elevator manufacturers to tolerate the design requirements.

On the other hand, failure to make a correct motor-inverter selection results in even higher stand-by consumption.

Table 4 - Stand-by power requirements of various UPS's (excluding fan powers)

Firm	UPS [VA]	Stand-by consump. [W]
A	450	23
	750	24
B	1500	38
C	2000	81

3.3 Stand-by energy consumption of UPS (Uninterrupted Power Source)

There has been a widespread use of UPS especially with the commencement of the utilization of MRL systems.

MRL. Poiché l'intervento negli ascensori MRL è più complicato e richiede personale esperto, in caso di malfunzionamento o interruzione elettrica, UPS è generalmente utilizzato per portare la cabina al piano. L'UPS include anche un inverter che consuma energia durante lo stand-by. Pertanto, sarà utile studiare attentamente i requisiti energetici del sistema UPS, mettendo a confronto i sistemi di azionamento (Tabella 4).

4. ESAME DEL CONSUMO ENERGETICO IN STAND-BY

Nello studio di cui si parla nel riferimento [4], nelle proiezioni viene mostrato che il 78% degli ascensori era destinato a edifici bassi (con 6 piani o meno) e questa percentuale può aumentare in altri paesi. Gli ascensori residenziali occupano la fetta maggiore nell'ambito degli ascensori per edifici bassi con un uso generalmente scarso. Pertanto, l'esame dal punto di vista del consumo energetico tra le diverse unità di azionamento, principalmente gli idraulici tradizionali, gli MRL e i trazione + inverter tradizionali, sono stati presi in considerazione per gli edifici bassi.

Gli ascensori idraulici rappresentano soluzioni ascensoristiche a basso costo che possono fornire un servizio per edifici sino a 6 piani [3]. I consumi energetici sono normalmente superiori rispetto agli equivalenti ascensori elettrici poiché di solito non hanno un contrappeso. Tuttavia, gli ascensori idraulici mantengono la propria fetta di mercato nell'ambito degli edifici bassi grazie alla facile installazione, ai requisiti di manutenzione ridotta e alle condizioni di sicurezza. Gli ascensori elettrici diventano più economici quando la corsa aumenta. In generale, le macchine con riduttore sono utilizzate in edifici di media altezza (da 7 a 20 piani) e quelle senza riduttore, invece, su edifici alti con velocità di 2 e 4 m/s o superiori. L'argano con riduttore nei tradizionali sistemi di trazione consente l'uso di motori più economici e piccoli, ma la loro efficienza resta intorno al 55% a causa dei loro sistemi a coppia elicoidale. I sistemi di azionamento che utilizzano l'energia nel modo più efficace, tuttavia, sono conosciuti come gli unici con vvvf/inverter (tensione e frequenza variabili). I sistemi con motori-inverter rigenerativi, noti per essere ancora più efficienti, possono generare ulteriori risparmi energetici [3]. Tuttavia questi sistemi sono convenienti per ascensori con uso elevato e elevata intensità. Inoltre, i sistemi rigenerativi sono ancora

Since the intervention in the MRL elevator is more complicated and requires an experienced person, in case of failure or power cut, UPS is generally used to bring the car to the floor level. The UPS also includes an inverter that consumes energy at stand-by. Therefore, it will be useful to study carefully the energy requirement of the UPS system, while comparing the drive systems (Table 4).

4. EXAMINATION OF STAND-BY ENERGY CONSUMPTION

In the study, made in Reference [4], it was shown in the projections that 78% of the elevators were low-rise elevators (6-storey and less) and this percentage may go even higher in other lands.

Residential elevators take the highest share in low-rise elevators with generally low-usage.

Therefore, the examination from energy consumptions point of view among different drive units, mainly conventional hydraulic, MRL and conventional traction + inverter, were considered on the low-rise buildings. Hydraulic elevators are low-cost elevator solutions that may offer service up to 6 storeys [3].

The energy consumptions are normally higher than the equivalent traction elevators since the fact that they generally do not have counter-weight.

However, the hydraulic elevators maintain their place at the low-rise elevator market due to their easy installation, requirement of low maintenance, high reliability and safety conditions. The traction elevators become more economical when the elevation increases. Generally, the machines containing the gear group are used on the buildings with medium height (7 to 20 floors) and those not containing gears, however, on high structures at 2 and 4 m/s or higher. The gears at the conventional traction systems allow the use of smaller and cheaper motors, however, their efficiency remain around 55% as a result of their worm-gear systems. The drive systems using the energy in the most effective manner, however, are known to be the ones with vvvf/inverter (varying voltage and varying frequency). The regenerative inverter-motor systems, known to be even more effective and may lead to additional energy savings [3]. However, these

Tabella 5 - Cicli di corsa minimi per ascensori con varia capacità in base alla potenza di inverter e stand-by UPS.

Table 5 - Minimum floor travel cycles for various elevator capacities according to the inverter and UPS stand-by powers

Cicli minimi di corsa per giustificare i consumi di energia. Minimum travel cycles to justify stand-by energy consumption.	Energia stand-by [W] Stand-by power [W]		MRL Elettrico/Traction	3 persone 3 person					4 persone 4 person					5 persone 5 person					
	vvvf	UPS		N. di piani / No. of floors					N. di piani / No. of floors					N. di piani / No. of floors					
				2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	
20	-	-	MRL	73	46	32	26	22	56	35	26	21	17	46	29	21	17	14	
			Elettrico/Traction	102	63	44	35	30	79	49	36	29	24	64	40	29	23	20	
	32	-	-	MRL	115	72	51	41	34	89	56	40	33	27	73	46	33	26	22
				Elettrico/Traction	161	101	71	57	48	125	78	57	46	38	102	64	46	37	31
	60	-	-	MRL	212	133	94	76	63	164	103	75	60	50	134	85	60	49	41
				Elettrico/Traction	294	184	130	105	88	229	144	104	84	70	187	118	84	68	57
20	35	-	MRL	194	122	86	70	58	151	95	69	55	46	123	78	55	45	37	
			Elettrico/Traction	271	170	120	97	81	210	132	96	77	65	172	108	77	62	52	
32	35	-	MRL	236	148	104	84	70	183	115	83	67	56	149	94	67	54	45	
			Elettrico/Traction	325	205	145	117	98	254	160	115	93	78	208	131	93	75	63	
60	35	-	MRL	327	146	146	117	98	255	161	116	94	79	209	132	94	76	64	
			Elettrico/Traction	450	284	201	162	136	353	223	161	130	109	290	183	131	105	88	

Tempi di accelerazione e decelerazione 2,5s, tempo di livellamento 1,5s, ritardo di by-pass 1,5s. Proporzioni consumo energetico: 2.57:1.46:1 (Idraulico tradizionale: Elettrico tradizionale + inverter: MRL).

Acceleration and deceleration times 2.5s, levelling time 1.5s, by-pass delay 1.5s. Energy consumption proportions: 2.57:1.46:1 (Conventional hydraulic: Conventional traction + inverter: MRL).

troppo costosi per offrire un periodo di rientro conveniente. Pertanto, molti degli edifici residenziali bassi non possono trarre vantaggio dai sistemi rigenerativi. Pur ricercando la conformità inverter-motore in un sistema di azionamento, il consumo di energia in stand-by dell'inverter dovrebbe anche essere preso in considerazione.

Nella Tabella 5, vengono presi in considerazione gli ascensori con una capacità di 3, 4 e 5 persone e dotati di impianti di azionamento efficienti a livello energetico dotati di MRL (motor + inverter) e trazione tradizionale (gear + motor + inverter). I cicli di corsa minimi di entrambi gli ascensori sono calcolati per giustificare consumi di energia extra in stand-by rispetto a un ascensore idraulico tradizionale.

A questo punto, un ciclo corrisponde a un viaggio di andata e ritorno di un ascensore e i cicli delle corse per ogni fermata sono calcolati separatamente. Ad esempio, per giustificare l'uso di un MRL, con una capacità di 3 persone, i viaggi al 4° piano (potenza dell'inverter stand-by 32W) necessitano di almeno 51 cicli per essere energeticamente efficienti rispetto a un equivalente ascensore idraulico tradizionale.

Questo valore per il terzo piano è 72 e per il secondo piano è 115 (vedere Tabella 5).

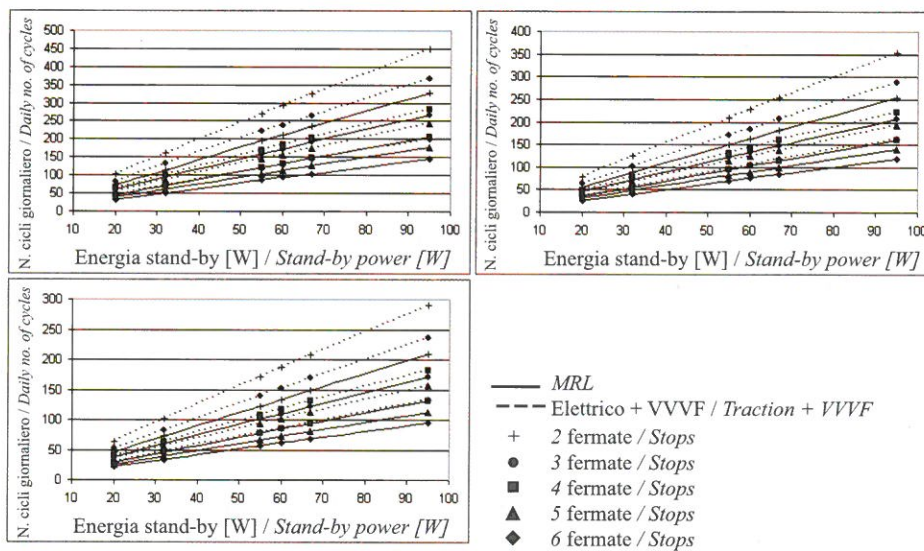
systems are convenient for elevators with high utilizations and frequent intensity. Moreover, regenerative systems are still too expensive to offer cost-effective pay-back period.

Therefore, most of the low-rise residential buildings can not benefit from regenerative systems.

While the inverter-motor conformance is sought at a drive system, the stand-by energy consumption of the inverter should also be taken into consideration. In Table 5, the elevators having a capacity of 3, 4 and 5 people and equipped with the energy-efficient drive systems containing MRL (motor + inverter) and conventional traction (gear + motor + inverter) are taken into consideration. The minimum floor travel cycles of both elevators are calculated to justify extra stand-by energy consumptions upon comparison with a traditional hydraulic elevator.

A cycle at this point is taken as the trip of an elevator to go up to a floor and back again and travel cycles for each stop are calculated separately. For instance, to justify the use of a MRL, having a capacity of 3 people, travels to the 4th floor (inverter stand-by power 32W) needs minimum 51 cycles to become energy-efficient compared to an equivalent conventional hydraulic elevator.

Figura 5 - Ipotizzando che gli ascensori abbiano un ugual numero di corse per ogni fermata, variazione dei cicli di corsa minimi giornalieri di un ascensore con energia stand-by per ascensori da (a) 3 persone, (b) 4 persone e (c) 5 persone
Figure 5 - Assuming that elevators are having equal no. of travels for every stop, variations of daily minimum elevator travel cycles with stand-by power for (a) 3 person, (b) 4 person, (c) 5 person elevators



Utilizzando la Tabella 5 e ipotizzando un ugual numero di cicli per ogni piano i cicli di corsa per l'ascensore minimi tali da giustificare il consumo di energia in stand-by degli inverter sono illustrati nella Figura 5 per edifici con 2, 3, 4, 5 e 6 piani.

La Figura 6 mostra i cicli minimi giornalieri dell'ascensore rispetto al numero di piani quando vengono utilizzati sistemi di trazione MRL e un tradizionale elettrico + inverter in un ascensore per 4 persone. Come illustrato nella figura 5 e 6, quando i consumi di energia stand-by aumentano, l'uso giornaliero degli ascensori affinché funzionino in modo più efficiente diventa importante. Ad esempio, i cicli giornalieri di viaggio per un MRL da 4 persone che serve 3 piani con un fabbisogno energetico in stand-by di 60W non dovrebbe essere inferiore a 103. Altrimenti, consumerebbe più energia rispetto a un alternativo tradizionale ascensore idraulico. I cicli di corsa giornalieri minimi in mac-

This value for the 3rd floor is 72 and for the 2nd floor 115 (see Table 5). Using the Table 5 and assuming equal number of cycles for each floor the minimum daily elevator travel cycles to justify stand-by energy consumption of inverters are given in Figure 5 for the buildings with 2, 3, 4, 5 and 6 floors.

Figure 6 shows minimum daily elevator cycles versus number of floors when a MRL and a conventional traction + inverter drive-units are employed in a 4-person elevator.

As shown in Figure 5 and 6, when stand-by energy consumption rises, the daily usage rate for elevators in order to operate more efficiently becomes significant.

For instance, daily travel cycles for a 4-person, 3-floor MRL with a stand-by energy need of 60W shouldn't be below 103.

Otherwise, it would consume more energy compared to an alternative conventional hydraulic elevator.

chinari con riduttore che utilizzano inverter sono superiori di circa il 35-40% rispetto agli MRL a causa delle perdite che si verificano negli argani e il fattore del ciclo giornaliero in questo caso è di 144. Inoltre, gli UPS utilizzati di solito negli MRL nei moduli di salvataggio aumentano l'energia di stand-by con un indice di 1,2-2 volte. Quando viene utilizzato un UPS con un'energia di stand-by di 35W, il fattore di cicli minimo aggiunge 161 per gli MRL e 223 per i tradizionali elettrici + inverter. Considerato che un uso medio giornaliero di un ascensore è di circa 110 negli edifici bassi residenziali, meno di venti nelle villette e raggiunge circa i 160 nei condomini, l'uso dei cosiddetti ascensori a risparmio energetico in simili tipi di edifici dovrebbe essere deciso dopo un'attenta analisi dei consumi in stand-by. Poiché lo spegnimento frequente degli inverter per ridurre il consumo energetico in stand-by causa il surriscaldamento dei condensatori dell'inverter in un breve arco di tempo, questa procedura è sconsigliata dai produttori. Questo problema è superato mediante i condensatori Matrix, che non sono però utilizzati spesso a causa dei costi elevati. Nei calcoli precedenti, l'energia dei solenoidi dei freni su ascensori elettrici, l'energia delle ventole degli inverter e l'energia di raffreddamento sugli ascensori idraulici (poiché il funzionamento giornaliero negli edifici bassi è inferiore a 1 ora) sono stati trascurati.

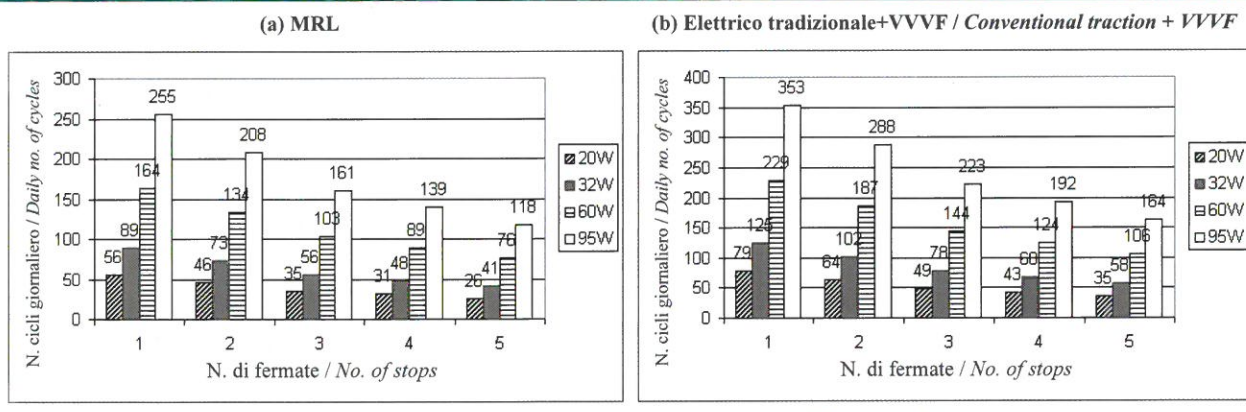
Minimum daily travel cycles in geared machines employing inverters is higher by around 35-40% compared to MRLs due to losses occurring in gears, and daily cycle rate for this case is 144. Additionally, UPSs frequently employed in MRLs or rescue modules increase stand-by power at a rate of 1.2-2 times. When a UPS with a stand-by power of 35W is employed, daily minimum cycle rate reaches 161 for MRL and 223 for conventional-traction + inverter.

Given that daily average elevator use is around 110 in low-rise residential buildings, less than 20 in villa-type houses and reaches around 160 in multi-flat apartments, use of so called energy-efficient elevators in such type of buildings should be decided with an in-depth insight into stand-by consumptions. As frequent shutdown of inverters for the sake of reducing stand-by energy consumption causes wear-out of capacitors within the inverter in a short period of time, this is not recommended by manufacturers.

This trouble is overcome by the Matrix convertors, however they are not often employed due to their high costs.

In the above calculations, the power of brake solenoids on traction elevator machines, inverters' fan power and the cooling power on hydraulic elevators (as daily operation in low-rise buildings is less than 1 hour) have been neglected.

Figura 6 - Numero minimo di cicli di corse affinché un ascensore per 4 persone risulti efficiente a livello energetico
Figure 6 - Minimum number of travel cycles to become energy-efficient for a 4 person lift



5. CONFRONTO DEI COSTI DEGLI ASCENSORI

Esistono tre importanti fattori di costo che influiscono sulla scelta del tipo di ascensore. Si tratta del costo iniziale, dei costi di manutenzione e del costo energetico. Poiché il costo energetico è stato già affrontato, di seguito esamineremo gli altri fattori di costo.

5.1 Costi iniziali

Il problema principale per gli MRL sul mercato è che il loro costo iniziale è più elevato del 15%-30% rispetto agli ascensori idraulici [9]. Sebbene si possa ottenere un considerevole risparmio energetico con impianti a efficienza energetica, la scelta di questi impianti solo allo scopo del risparmio non ricompensa l'investimento soprattutto quando il periodo di rientro è molto lungo. Viene indicato che gli ascensori a risparmio energetico dotati di inverter, in generale, producono un risparmio energetico del 21-24% negli edifici bassi rispetto agli ascensori idraulici

5. COMPARISON OF ELEVATOR COSTS

There are three significant cost factors having influence on selecting the elevator type.

These are the initial cost, the maintenance cost and the energy cost. As the energy cost is already discussed above, other cost factors will be discussed below.

5.1 Initial cost

The key problem for MRLs in the market is that their initial cost is higher by 15%-30% than hydraulic elevators [9].

Though a considerable rate of energy saving may be achieved with energy-efficient elevator systems, the selection of these systems just for the sake of energy cannot reward the investment especially when pay-back period is very long.

It is reported that energy-efficient elevators equipped with inverters, in general, yield energy savings by 21-24% in low-rise buildings compared to conventional hydraulic elevators [9].

tradizionali [9]. Sono stati selezionati due ascensori MRL, uno a quattro fermate e l'altro di 6 fermate, con avviamenti da 60.000 a 200.000 volte l'anno e la durata del loro rientro rispetto agli ascensori idraulici tradizionali viene illustrata nella Tabella 6. In questa Tabella sono stati calcolati i consumi energetici utilizzando l'Equazione 1. I calcoli hanno prodotto dei periodi di rientro rispettivamente di 83 e 24 anni per gli MRL a efficienza energetica. I costi sotto esame sono stati dedotti dal mercato ascensoristico turco e possono riflettere durate di rientro più basse rispetto ad altri paesi, tuttavia, i risultati ottenuti sono comunque significativi. Come illustra la Tabella 6, i periodi di rientro per gli investimenti MRL eccedono la durata dell'edificio e il periodo di rinnovo degli ascensori. Pertanto, gli MRL non sono soluzioni economicamente vantaggiose negli edifici bassi.

Tabella 6 - Confronto di ascensori residenziali per 4 e 6 piani rispetto ai periodi di rientro dei costi

Tipo di ascensore 4 persone <i>Elevator type</i> 4 person	Tipo di azionamento <i>Drive type</i>	Risparmio energetico [%] <i>Energy saving [%]</i>	+ Costi [€] <i>+ Cost [€]</i>	Risparmio annuale [€] 0,18€/kWh <i>Annual saving [€]</i> 0.18€/kWh	Periodi di rientro [anno] <i>Pay-off duration [year]</i>
4 fermate residenziale - 60.000 avviamenti l'anno / 4 stops residential - 60,000 starts per year					
Idraulico/Hydraulic MRL	2:1 idraulico/hydraulic VVVF	0 21	- 2,500	0 30	83
6 fermate residenziale - 200.000 avviamenti l'anno / 6 stops residential - 200,000 starts per year					
Idraulico/Hydraulic MRL	2:1 idraulico/hydraulic VVVF	0 24	- 3,200	0 132	24

Two MRL elevators, one being 4-stop and the other 6-stop, starting for 60,000 and 200,000 times a year were selected and their pay-back durations in comparison with the conventional hydraulic elevators are given in Table 6. Here, energy consumptions were calculated using Equation 1.

Calculations have yielded the pay-back periods of 83 and 24 years for the energy-efficient MRLs respectively. Cost values under assessment here were taken from the Turkish elevator market and may reflect the lower pay-back durations than in other countries however, the results obtained are still significant. As Table 6 shows, the pay-back periods of MRL investment exceeds the life of the building and the renovation period of the elevator. Therefore, MRLs are not cost-effective solutions in low-rise buildings.

Table 6 - Comparison of the 4 and 6 floor residential elevators in relation to pay-off durations

5.2 Costi di manutenzione

Generalmente, i sistemi idraulici incorporano meno parti rispetto ai sistemi elettrici. Poiché i componenti delle unità di azionamento funzionano nell'olio idraulico, questi componenti si consumano raramente e i rischi di rottura sono molto più bassi. Pertanto, sono più affidabili e i costi di manutenzione non sono elevati come quelli degli ascensori elettrici. Uno degli aspetti cruciali dei componenti idraulici consiste nel fatto che le parti di ricambio sono facilmente disponibili presso i fornitori a prezzi convenienti. D'altro canto, gli MRL sono dotati di più componenti e il macchinario è sospeso nel vano per motivi di risparmio di spazio che comportano una manutenzione più costosa. Poiché la rigida dipendenza dalle parti originali è piuttosto comune in questo tipo di ascensori, gli MRL non offrono lo stesso livello di libertà offerto dagli ascensori idraulici in termini di costi di manutenzione. La presenza del contrappeso aumenta inoltre i costi di manutenzione in questi ascensori. Il pezzo di ricambio più costoso in un MRL ammonta a circa il 30% del costo dell'unità di azionamento, mentre questa cifra è solo intorno al 6% per gli ascensori idraulici. Un'analisi di Bucher Hydraulics rivela che la manutenzione annuale di un ascensore elettrico costa di più [10]. In questa valutazione, gli ascensori elettrici con sostituzioni di funi e pulegge ogni 10 anni sono messi a confronto con gli ascensori idraulici con sostituzioni di fluido idraulico e guarnizioni ogni 15 anni insieme con il consumo energetico durante il periodo preso in esame. Una simile panoramica viene presentata nella Figura 7 per un ascensore per edifici bassi con 40.000 cicli/anno. I costi della relativa manutenzione sono ancora una volta stati ricavati dal mercato ascensoristico turco. La Figura 7 rivela che i costi di

5.2 Maintenance cost

Generally, hydraulic systems incorporate fewer parts compared to traction systems. As the components of drive-unit work in hydraulic oil, these components rarely wear out and failure risks are much lower.

Therefore, they are more reliable and their servicing costs are not as much as the traction elevators.

One of the crucial aspects of hydraulic components is that replacement parts are conveniently available by vendors at favourable prices.

On the other hand, MRLs are equipped with more parts and machine is suspended within the shaft for the room-saving reason that results in tougher servicing operation.

As strict dependence to original parts is quite common in such type of elevators, MRLs do not provide the same level of freedom as hydraulic elevators offer in terms of servicing costs.

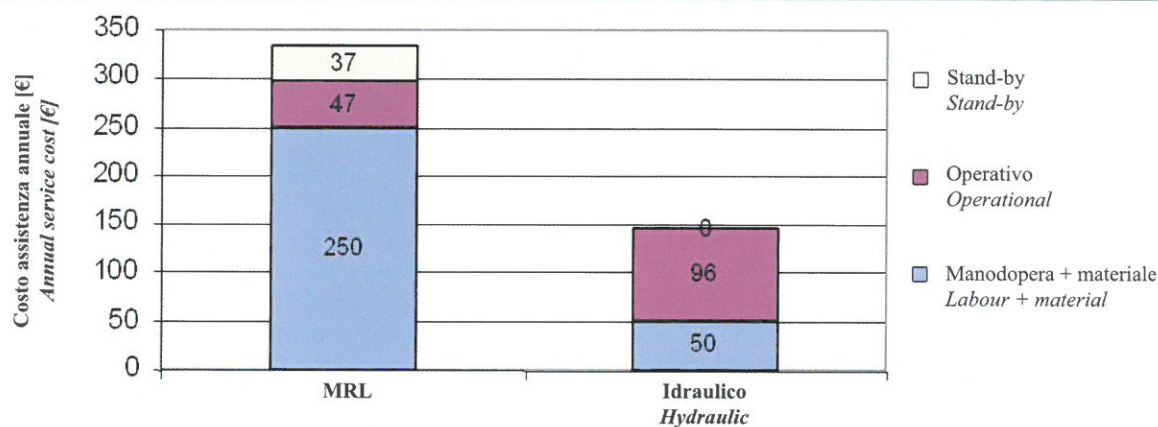
Presence of counter-weights also increases the burden of servicing costs in these lifts.

Most expensive replacement part in MRLs is around 30% of the cost of the drive unit whereas; this figure is just around 6% for hydraulic elevators.

An analysis by Bucher Hydraulics reveals that annual maintenance of a traction elevator costs more [10].

In this assessment, traction elevators with rope and pulley replacements for every 10 year are compared to hydraulic elevators with hydraulic oil and seal replacements for every 15 year together with their energy consumptions during the given periods. A similar overview is presented in Figure 7 for a low-rise elevator having 40,000 cycles/year.

Figura 7 - Confronto tra ascensori idraulici e MRL, rispetto alla manutenzione e al consumo energetico.
Figure 7 - Comparison of hydraulic with MRL with respect to servicing and energy consumption.



Numero annuale di cicli: 40.000.

Costi di manutenzione per l'idraulico in 15 anni: 750€. Costo manutenzione ascensori elettrici per sostituzione funi/pulegge per 10 anni: 2.500€

Annual no. of cycles: 40,000.

Hydraulic servicing cost per 15 year: 750€.

Traction elevator servicing cost for rope/pulley replacement per 10 year: 2,500€.

manutenzione annuale degli ascensori elettrici sono 2,3 volte più alti. I costi possono differire in altri paesi tuttavia il rapporto resta invariato. In questo esempio, non sono stati calcolati i frequenti costi di manutenzione con i costi dei pezzi di ricambio e i costi dei viaggi dei manutentori.

Alcuni dei componenti elettronici negli inverter, però, si consumano in un determinato arco di tempo e determinano una degradazione delle prestazioni dell'inverter.

Pertanto, questi componenti dovrebbero essere periodicamente mantenuti. Si tratta delle ventole di raffreddamento con un'autonomia di manutenzione che varia tra 10.000 e 35.000 ore (2-3 anni) in base alla temperatura ambiente, condensatori utilizzati per regolare la corrente (5 anni) e i relè interni dell'inverter.

Inoltre, le condizioni di funzionamento degli inverter sono attentamente stabilite dai produttori.

Mettendo da parte i requisiti elettrici, gli inverter sono proposti per funzionare con una temperatura di esercizio tra -10°C e 40°C e la loro efficienza si riduce dell'1,7% per ogni grado centigrado di temperatura in più. In un ambiente privo di condensa, è stato calcolato che l'umidità sarebbe tra il 20% e il 90% RH, le vibrazioni non supererebbero 0,6G e questi componenti sarebbero utilizzati a un'altitudine al di sotto dei 1000m in ambienti interni privi di oli e polvere.

Parlando in generale, oltre al fatto che gli ascensori elettrici richiedono un 20% in più di manutenzione, la posizione degli azionamenti degli MRL nel vano sacrifica le necessarie condizioni di funzionamento e naturalmente aumenta gli intervalli di manutenzione.

La sostenibilità dell'affidabilità del sistema con condizioni di vano sfavorevoli dipende da regolari intervalli di manutenzione, che aumenta il numero di interventi di assistenza per gli MRL. D'altro canto, ogni intervento aggiunge costi di trasporto che corrispondono a un consumo energetico di circa 1,2 kWh/km. Una percorso di 20 km e 3 interventi supplementari ogni anno richiederebbero energia pari a 144kWh/anno, per un totale complessivo di 1440 MWh per 10.000 ascensori nelle stesse condizioni. Inoltre dovrebbero essere aggiunti anche i costi di manodopera e ricambio.

The costs of related maintenances were again taken from the Turkish elevator market. Figure 7 reveals that annual maintenance costs of traction elevators are 2.3 times higher. Costs may differ in other countries however, the ratio is believed to remain the same.

Here, frequent servicing with spare part costs and the costs of service travels have not been considered in calculations.

Some of the electronic components in inverters however, wear out over the time and cause degradation in inverter's performance. Therefore, these components ought to be periodically serviced.

These are the cooling fans with a service life varying between 10,000 and 35,000 hours (2-3 years) depending on the ambient temperature, capacitors used to regulate the current (5 years) and internal relays of the inverter.

Furthermore, operating conditions of inverters are carefully set by the manufacturers.

Putting electrical requirements aside, the inverters are proposed to operate at a temperature range of -10°C and 40°C and their efficiency would reduce by 1.7% for each temperature increase of 1°C.

In a non-condensing environment, it was stipulated that humidity would be 20%-90% RH, vibrations would not exceed 0.6G and these components would be used at heights below 1000m in indoor, oil and dust-free environments.

In general speaking, in addition to the fact that traction elevators require more service at a rate of 20%, the location of MRL drivers in the shaft sacrifice the required operation conditions and naturally increases service intervals.

Sustainability of the system's reliability at unfavourable shaft conditions is dependent upon maintenances at regular intervals, which increases the number of services for MRLs.

Besides, each service introduces a transport cost corresponding to a power consumption of around 1.2 kWh/km.

For a travel distance of 20km and 3 extra services per year would yield 144kWh/year energy, making up an annual total of 1440 MWh for 10,000 elevators being in the same situation. Labour and replacement part costs should be added as well.

6. CONCLUSIONI

Vi sono molti ambiti in cui è possibile ridurre il consumo energetico degli ascensori tramite miglioramenti software e hardware ai sistemi di controllo elettronici. Su impianti ascensoristici a uso ridotto, il fattore dominante l'uso energetico è il consumo energetico durante lo stand-by. Pertanto, l'ascensore idraulico tradizionale si presenta come una soluzione altrettanto valida energeticamente per la maggior parte degli edifici residenziali. Generalmente, anche se i sistemi dotati di inverter sono destinati a edifici bassi (100.000 cicli/anno o meno) dovrebbero essere attentamente valutate le perdite energetiche in fase di stand-by. Sugli ascensori di scarso uso, i costi aggiunti per un impianto ascensoristico efficiente a livello energetico possono aumentare la durata del rientro oltre il periodo di ristrutturazione dell'ascensore. L'affidabilità dei sistemi di azionamento, i requisiti di manutenzione e il costo delle parti di ricambio dovrebbero essere presi attentamente in considerazione per analizzare il vero consumo energetico degli ascensori. Infine, i clienti dovrebbero essere informati sui consumi energetici dei vari tipi di azionamento e dovrebbero scegliere la soluzione più sicura che meglio si adatta alle loro esigenze.

7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- 1 **L. Al-Sharif:** 'Lift energy consumption: General overview (1974-2001)', Proceedings of Elevcon 2004 & Elevatori 1/2006, "Consumo Energetico dell'ascensore: panoramica generale (1974-2001)", pag 58.
- 2 **L. Al-Sharif, R. Peters, R. Smith:** 'Elevator energy simulation model', Proceedings of Elevcon 2004 & Elevatori 2/2005, "Simulazione del consumo di energia dell'ascensore", pag 33.
- 3 **H. M. Sachs:** 'Opportunities for elevator energy efficiency improvements', American Council for an Energy Efficient Economy, April 2005.
- 4 **J. Nipkow:** 'Elektrizitätsverbrauch und Einspar-Potenziale bei Aufzügen', S.A.F.E., 2005, Zürich.
- 5 **G. Lees:** 'A study of the actual power relative to the theoretical power consumption of a variable frequency drive hydraulic system and how it benefits the user', Master dissertation, University College Northampton, April 2005.
- 6 **www.uppco.com** - AC induction motors.
- 7 **www.kollmorgen.co.uk** - Energy saving lift control systems.
- 8 **Verein Deutscher Ingenieure:** 'Aufzüge Energieeffizienz', VDI Handbuch Technische Gebäudeausrüstung, Band 5: Aufzugstechnik.
- 9 **www.uppco.com** - Elevators.
- 10 **www.bucherhydraulics.com** - 'Hydraulics lifts are cheaper'. ■

6. CONCLUSION

There are plenty of areas where elevator energy consumption can be reduced by software and hardware improvements in electronic control systems.

On low-usage elevator systems, the factor dominating the energy utilization is the stand-by energy consumption.

Therefore, the conventional hydraulic elevator appears as a serious energy-efficient solution for most residential buildings.

Generally, while inverter-equipped drive systems are intended for low-rise buildings (100,000 cycles/year or less) stand-by losses should be evaluated critically.

On low-usage elevators, the added cost for an energy-efficient elevator system may increase pay-back duration over the renovation period of the elevator.

The reliability of the drive system, service requirements and cost of replacement parts should be considered correctly to analyse the realistic energy consumption of elevators.

Finally, the customers should be made aware of the energy consumptions of various drive systems and should pick the safest solution that best fits to their needs.

7. BIBLIOGRAPHY

- 1 **L. Al-Sharif:** 'Lift energy consumption: General overview (1974-2001)', Proceedings of Elevcon 2004 & Elevatori 1/2006, pag 58.
- 2 **L. Al-Sharif, R. Peters, R. Smith:** 'Elevator energy simulation model', Proceedings of Elevcon 2004 & Elevatori 2/2005, pag 33.
- 3 **H. M. Sachs:** 'Opportunities for elevator energy efficiency improvements', American Council for an Energy Efficient Economy, April 2005.
- 4 **J. Nipkow:** 'Elektrizitätsverbrauch und Einspar-Potenziale bei Aufzügen', S.A.F.E., 2005, Zürich.
- 5 **G. Lees:** 'A study of the actual power relative to the theoretical power consumption of a variable frequency drive hydraulic system and how it benefits the user', Master dissertation, University College Northampton, April 2005.
- 6 **www.uppco.com** - AC induction motors.
- 7 **www.kollmorgen.co.uk** - Energy saving lift control systems.
- 8 **Verein Deutscher Ingenieure:** 'Aufzüge Energieeffizienz', VDI Handbuch Technische Gebäudeausrüstung, Band 5: Aufzugstechnik.
- 9 **www.uppco.com** - Elevators.
- 10 **www.bucherhydraulics.com** - 'Hydraulics lifts are cheaper'. ■