

# Illuminotecnica a Stato Solido

## Soluzioni a LED odierne e future



Dr. Alessandro Costantini

## Agenda



- La Luce
- Sorgenti di Luce artificiale
- Promesse della SSL
- Opportunità offerte dalla SSL
- Valutare il costo di acquisizione della tecnologia
- Breve storia del LED
- L'illuminazione SSL conviene al consumatore?

# La Luce

- L'uomo, fin dalla prima comparsa della specie, ha sicuramente desiderato affrancarsi dal ciclo giorno/notte estendo la durata della illuminazione dei luoghi in cui viveva
- La Luce è una delle forme in cui si manifesta l'energia nota come **Radiazione Elettromagnetica**.



3

# Vecchio e Nuovo...

## Analogico

- Valvola Termoionica
- Disco in Vinile LP (Long Playing)
- Fotocamere a Rullino, Videocamere Vidicon
- Telefono Decadico
- VHS
- Cablaggi
- Macchina da scrivere

## Digitale

- Transistor
- CD → MP3
- CCD
- Telefono Cellulare
- DVD, HD DVD / Blu Ray
- Drive/Fly-by-Wire
- Computer



L'ultimo rifugio rimasto dell'Analogica è nell'Illuminotecnica

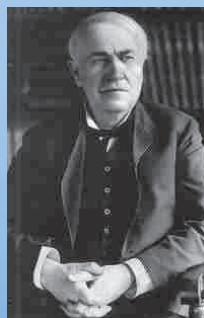
4



# Luce Artificiale



**1879** - Joseph Swan e Thomas Edison sviluppano indipendentemente la lampada ad incandescenza, basata sull'emettitore conforme al Corpo Nero

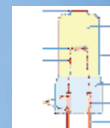


5

# Evoluzione della Luce Artificiale



- **1901** - Peter Cooper Hewitt brevetta la prima lampada a scarica ai vapori di mercurio a bassa pressione. George Inman, un impiegato della General Electric, la migliora dando luogo alla
- **1939** – prima lampada fluorescente che viene introdotta nella Fiera Mondiale di New York e di San Francisco
- **1961** - Gilbert Reiling brevetta la prima lampada ad alogeni (MH, Metal Halide)
- **1965** – viene presentata la prima lampada ai vapori di sodio ad alta pressione (High-Pressure Sodium, HPS)
- Tutto il resto del secolo è caratterizzato dal costante miglioramento delle prestazioni offerte dalla tecnologia delle lampade ad Incandescenza, ad Alogeni, Fluorescenti (non compatte e le più recenti CFT) ed a Scarica (High Intensity Discharge, HID)



6

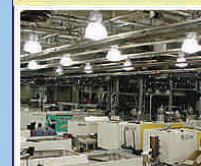
# Esigenze degli ambienti



- Nell'arco di un secolo, piuttosto che il dominio di una tecnologia si è assistito a soluzioni differenti a seconda delle esigenze dell'ambito da illuminare
- L'offerta di soluzioni ha dato luogo ad un gran numero di corpi illuminanti



~10000lm



~1000lm



~100lm



~10lm

7

# Sorgenti a Stato Solido disponibili



- Light Emitting Diode: LED



- Light Emitting Polymer: LEP



- Organic Light Emitting Diode: OLED



8



# Energia



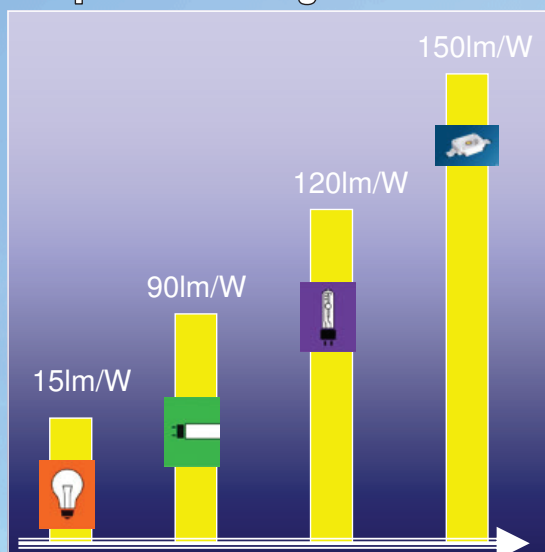
- Secondo il Dipartimento di Energetica degli Stati Uniti (DoE) quasi il 30% dell'ammontare complessivo del fabbisogno energetico mondiale viene speso per esigenze di illuminare luoghi dei quali abbiamo esteso in tal modo la vivibilità
- Gli edifici commerciali e residenziali sono i responsabili della richiesta di energia pari al 39% del fabbisogno complessivo nazionale degli USA
- Entro ciascun edificio commerciale il 24% dell'energia elettrica è impiegato per le esigenze di illuminazione

9

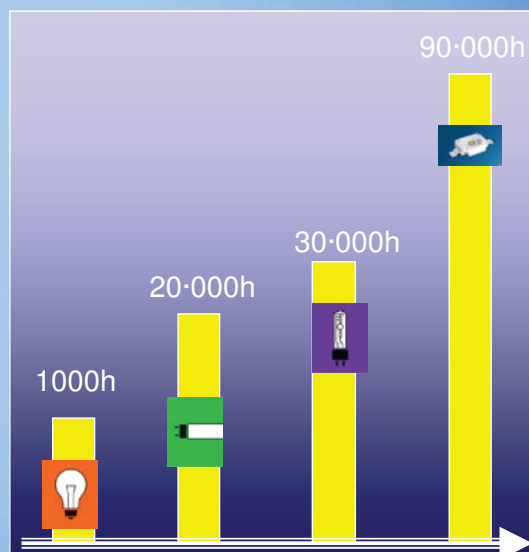
# Promesse della SSL



## Risparmio Energetico



## Manutenzione Ridotta



10

## Niente catastrofismi...

- Anche se si fa dell'umorismo per ridimensionare, ci sono evidenti sintomi del riscaldamento globale
- Al crescere della domanda di energia del mondo, i combustibili fossili si stanno esaurendo



Disastro di New Orleans nel 2005

11

## ...ed intanto i Governi

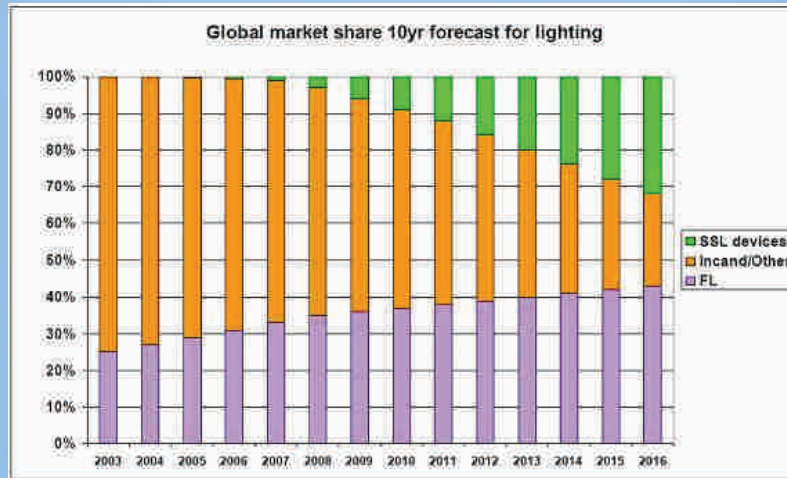
- BANDISCONO la lampada ad incandescenza



12



# Andamento Previsto per SSL



- Nei prossimi 10 anni si prevede un massiccio ingresso dei dispositivi con Sorgenti a Stato Solido

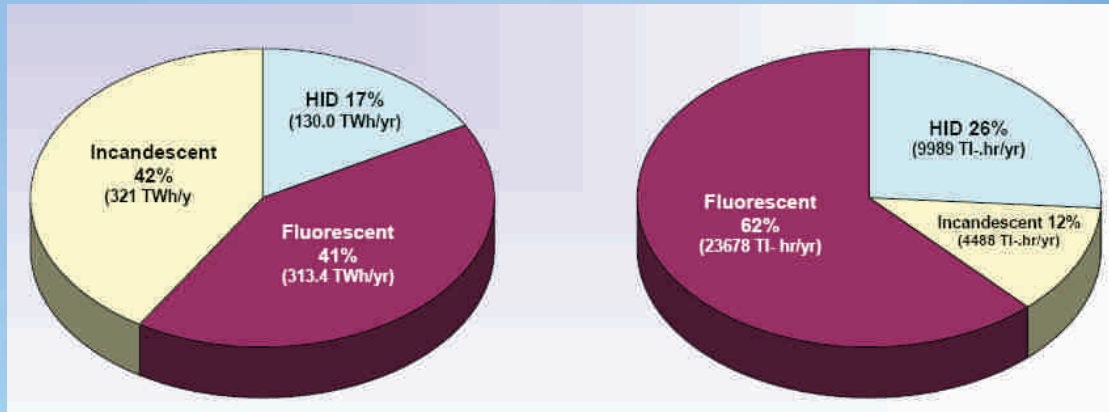
# Che fine fanno le vecchie sorgenti



# Una formidabile opportunità

Fabbisogno nazionale USA (2000)

Sorgenti di Illuminazione (2000)



- Rimpiazzare le “sole” lampade ad incandescenza rappresenta DA OGGI una opportunità per conseguire uno sviluppo sostenibile ma soprattutto per trasformare una promettente tecnologia in fatturato

15

# Perchè apparati a LED nella SSL

Perchè i LED sono caratterizzati da...

- una **vita media pari a 10 anni\***
  - Questo significa vita del dispositivo maggiore di quella dell'apparato stesso!
  - Costi di manutenzione ridotti
- colori **saturo** senza ricorrere a filtri addizionali, bianco molto efficiente
- una **affidabilità** (robustezza) intrinseca
  - Insensibilità a vibrazioni, rotture, sporcizia
- una possibilità di variare l'intensità luminosa senza evidente impatto sul colore
- una **compatibilità ambientale** eccellente
  - RoHS, Lead Free, niente UV nel fascio luminoso, riduzione del consumo energetico
- una capacità di accendersi immediatamente e di funzionare a basse tensioni
- una possibilità di progettare prodotti **compatti** con fascio di luce efficientemente sfruttata
- Il calore **NON VIENE** irradiato nella stessa direzione in cui viene emessa la luce

\*Intervallo di tempo entro cui la luminosità decresce di una certa percentuale rispetto al flusso iniziale: L<sub>x</sub>, B<sub>y</sub>

16



# Esempi di Installazioni

N.B.: Non sono esempi capziosi come se ne vedono in giro...



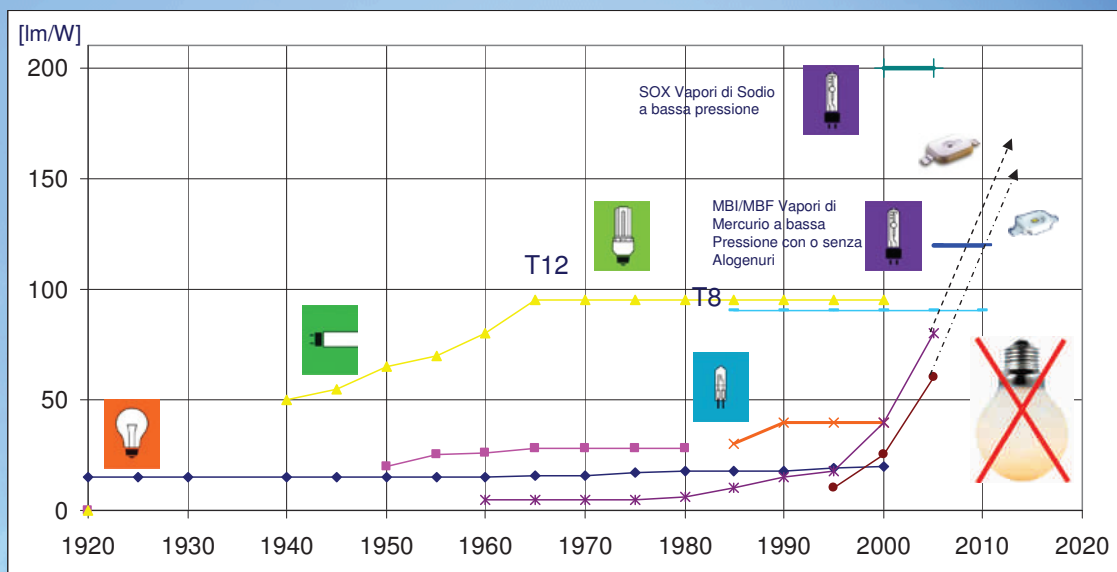
Fluorescente

LED

Fluorescente

LED

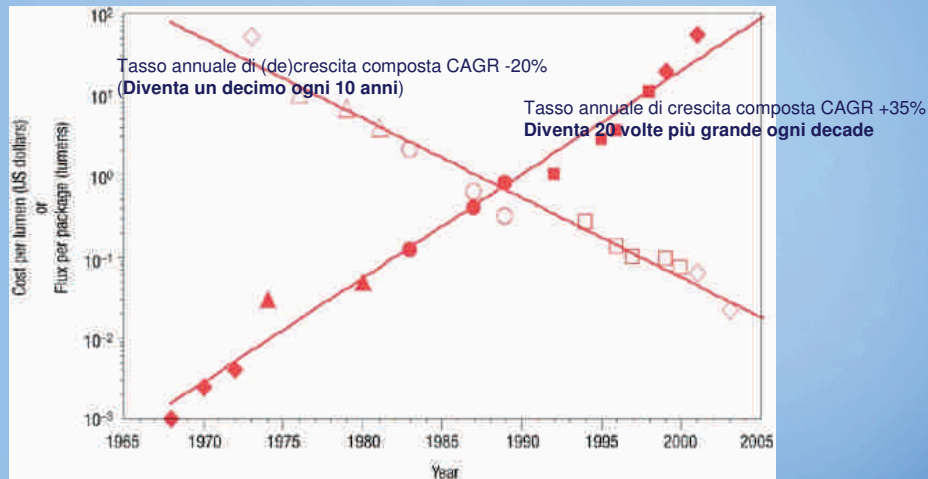
# Confrontiamo le sorgenti...



Ref. CIE Technical Report CIE 180:2007

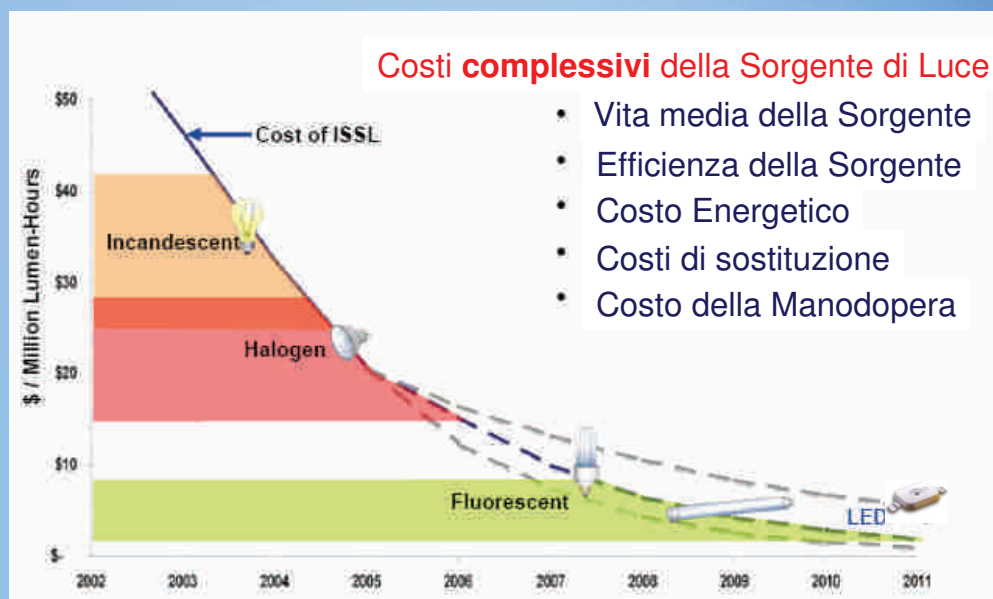
# Che cosa ci aspetta in futuro...

La luce emessa dagli HB LED raddoppia ogni 18 mesi\*



\*Legge di Haitz dopo che uno scienziato di Agilent Technologies, Roland Haitz oggi in pensione, ha analizzato l'andamento dei costi dei LED in relazione con il numero di lumen emessi e la densità dei flussi stessi per package; analogo della legge di Moore

# Costo delle Tecnologie



Ref. Color Kinetics (oggi Philips Solid-State Lighting Solutions)



# Confrontare le soluzioni

- Per confrontare tra loro differenti prodotti per la luce artificiale bisogna cominciare a confrontare le efficienze complessive non solo quelle delle sorgenti

$$\text{Efficienza della Sorgente} = \frac{\text{lumen}_{\text{sorgente}}}{\text{Potenza}_{\text{ingresso}}}$$

$$\text{Efficienza del Sistema} = \frac{\text{lumen}_{\text{sorgente}}}{\text{Potenza}_{\text{ingressoaldriver / ballast}}}$$

$$\text{Efficienza del Corpo Illuminante} = \frac{\text{lumen}_{\text{uscita}}}{\text{Potenza}_{\text{ingresso}}}$$

# Soluzioni ed Efficienze

	LED [al 2008]	Lampada ad incandescen za	Lampada Alogena	Fluorescente Compat ta	Fluorescente	Alogenuri Metallici	Vapori di Sodio ad alta pressio ne
<b>Tecnologia del Corpo Illuminante</b>	Luce diretta in uscita dal LED	Riflettore parabolico	Riflettore parabolic o	Faretto incassa to	Riflettore parabolic o	Riflettore	Riflettore
<b>Efficienza della sorgente di luce</b>	120 lm/W	10 lm/W	20 lm/W	50 lm/W	70 lm/W	80 lm/W	120 lm/W
<b>Efficienza del driver</b>	80-90 %	100%	100%	80-90 %	80-90 %	80-90 %	80-90 %
<b>Efficienza del corpo illuminante</b>	80-90 %	30-50 %	30-50 %	50-60 %	50-70 %	40-80 %	40-80 %
<b>Efficienza complessiva del sistema</b>	<b>80 lm/W</b>	<b>4 lm/W</b>	<b>8 lm/W</b>	<b>23 lm/W</b>	<b>36 lm/W</b>	<b>41 lm/W</b>	<b>61 lm/W</b>
<b>Vita media</b>	10-50 kh	1 kh	3 kh	10 kh	15 kh	10 kh	16 kh

# Breve storia del LED



- Anni '60
  - nel 1962 Holonyak in GE inventa il primo LED (da 0,001lm) nel visibile
  - grazie a Monsanto ed alla HP nasce il primo LED Rosso da 0,01lm
- Anni '70 ed '80 il LED verde popola orologi e calcolatrici
  - 0,1lm
- Anni '90 Nakamura presso la Nichia Chemicals scopre il LED Blu
  - 1lm
- Anno 2000 e successivi
  - 10-100lm
- 2005 primi prodotti Multi-chip
  - 1000lm



•Oggi viviamo gli albori dell'era dell'Illuminotecnica a Stato Solido

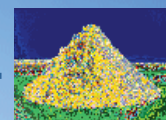


23

# Il LED Bianco



chip



fosforo

## ■ Sintesi a Combinazione di Colori

### VANTAGGI

- Maggiore efficienza luminosa complessiva
- Buona resa del colore
- Flessibilità totale per raggiungere l'equilibrio cromatico desiderato

### SVANTAGGI

- Difficoltà nel miscelare a fondo i colori
- Assi ottici disallineati
- Problematiche nel mantenere una buona stabilità del colore in funzione della vita dei LED e delle condizioni operative e di dimming

## ■ Lumino-conversione

### VANTAGGI

- Sorgente di luce singola e compatta di luce bianca

### SVANTAGGI

- Scadente efficienza luminosa
- Resa ottica del processo di assemblaggio delicata
- Proprietà di colore limitata dalla disponibilità dei fosfori

24



# Il Sistema a LED



- Un sistema SSL è costituito da un elemento a stato solido (LED) che emette la luce, ma non è da solo!
- Questo LED va alimentato elettricamente
- Bisogna poi focalizzare e collimare il fascio luminoso che emette
- Ed infine è necessario smaltire correttamente il calore da esso generato allo scopo di mantenere il tempo di vita medio dichiarato dai costruttori nelle condizioni di misura del Datasheet

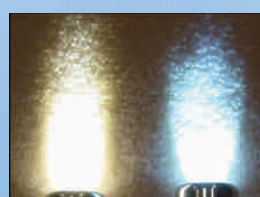


Poichè il LED genera calore questo va smaltito in maniera appropriata

Se questa gestione del calore non viene effettuata correttamente:  
sia la quantità di luce che la durata del sistema VENGONO COMPROMESSE

# I “colori” del bianco

- Nonostante le lampade possano sembrare semplici da classificare “ad occhio”, il loro colore apparente non lo è affatto. In certe condizioni, specie con i neon, il colore apparente lo si valuta guardando il tubo direttamente.
- Per altre sorgenti –che sono troppo intense da poter essere guardate direttamente, la maniera migliore per valutarne il colore apparente è quella di osservare come illuminano uno sfondo bianco.



Temperatura di Colore [°K]	Colore Apparente
< 3300	Caldo
3300-5300	Intermedio o Neutro
>5300	Freddo

# Valutare il costo di acquisizione

- L'introduzione di qualsiasi nuova tecnologia ha da sempre un costo iniziale maggiore di quello relativo a quelle consolidate
- Bocciare una tecnologia emergente solo perchè il suo costo iniziale è maggiore può riservare sorprese. Ad esempio:

CONVIENE SPENDERE OGGI 45€ per una lampada a LED piuttosto che farsi regalare una alogena da 35W!

[CalcolatoreRisparmioEnergeticoIlluminazione.xls](#)

# Esercizio pratico

## Calcolo Risparmio Energetico tra due differenti progetti

Inserire i dati nelle celle porpora ed i risultati saranno in quelle verdi

Variabili	Units	Progetto 1 Alogena MR16	Progetto 2 LED MR16	Prog 2 - Prog 1 differenza
Consumo	Watt	35W	6W	-29W
Costo dell'elemento	€/elemento	1,30	35,00	
Costo di Sostituzione	0,00 €/ora			
Tempo impiegato per la sostituzione	0,00 minuti/elemento			
Manodopera per la sostituzione	0,00 €/elemento	0,00	0,00	
Costo complessivo inclusa la sostituzione	€/elemento	1,30	35,00	€33,70
Vita media dell'elemento	ore	2.000	50.000	
Costo medio dell'Elettricità	19,0 centesimi di €/KWh			
Onere indotto per l'Aria Condizionata (AC)	0,0 % del consumo della sorgente			
Costo medio dell'Elettricità incluso costo per l'AC	19,0 centesimi di €/KWh			
Quantità di ore a settimana della luce impiegata	28 h/settimana			
Costo per l'illuminazione totale annuo	€/anno	10,63	2,68	-€7,95

**Costo Annuale:**  
LED MR16 fa risparmiare €7,95 /anno

**Periodo di Payback:**  
LED MR16 costa inizialmente maggiormente.  
Il suo periodo di Payback è: 4,24 anni

Tasso di sconto	
Valore attuale netto del tasso di sconto	7,00 %/anno
Tasso atteso di incremento del costo dell'energia	3,00 %/anno

Analisi			
Periodo entro cui finisce il flusso di cassa:	4,00 anni.	Trascorso questo periodo si annulla il cash flow.	
Valore attuale del costo complessivo dell'illuminazione			
Costo delle sorgenti e della loro sostituzione	€4,46	€35,90	€31,44
Costo della corrente	€35,79	€6,13	-€29,65
Costo complessivo dell'illuminazione	€40,25	€42,04	€1,78
	Alogena MR16	fa risparmiare	€1,78 ridotti, entro 4,00 anno(i)
Analisi condotta nell'ipotesi che il discounted cash flow si estenda all'infinito:			
Costo delle sorgenti e della loro sostituzione	€14,65	€38,80	€24,15
Costo della corrente	€246,47	€42,25	-€204,21
Costo complessivo dell'illuminazione	€261,11	€81,05	-€180,06
	LED MR16	fa risparmiare	€180,06 ridotti, entro un periodo infinito





## Riassumendo

- Le soluzioni SSL:
  - Garantiscono un risparmio energetico notevole
  - Riducono drasticamente la manutenzione
  - Sono enormemente più affidabili
  - Le prestazioni si evolvono con una scala di rapidità eccezionale
  - L'ingresso nel mondo dell'architettura sta dando un impulso alla fantasia ed alla creatività senza precedenti

29



## GRAZIE DELLA ATTENZIONE

Tekno S.r.l.  
Via dell'Impruneta 180  
00146 – Roma  
Tel. 06 55 28 39 54  
Fax 06 55 17 95 74  
Email: [tekno@salcogest.it](mailto:tekno@salcogest.it)  
Sito Web: [www.salcogest.it](http://www.salcogest.it)

Alessandro Costantini: Tel. 335 67 51 818

30