

Strategie per il risparmio energetico nell'Università di Torino

Gianluca Abate

Anno Accademico 2015-2016

Università di Torino

Relatore: prof. Paolo Gambino



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO



Progetto sul risparmio energetico dell'Università di Torino, che si colloca all'interno degli obiettivi di sostenibilità ambientale che l'Amministrazione universitaria si è posta.

Attraverso iniziative tra cui:
Raccolta dati per monitoraggio energetico.
Proposte per la riduzione dei consumi, (per esempio sostituzione lampade, orari apparecchiature etc.)

Monitoraggio energetico

Università
di Torino

Individuare
metodologia per
la valutazione
dell'efficienza

Consumi di
metano e di
energia elettrica

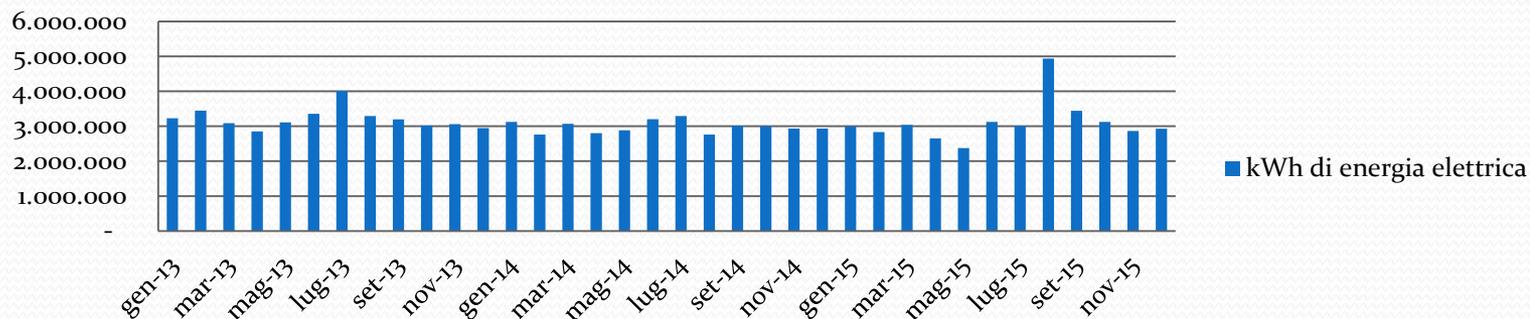
Orto
Botanico

Analisi dei
consumi
suddivisi per
fasce orarie

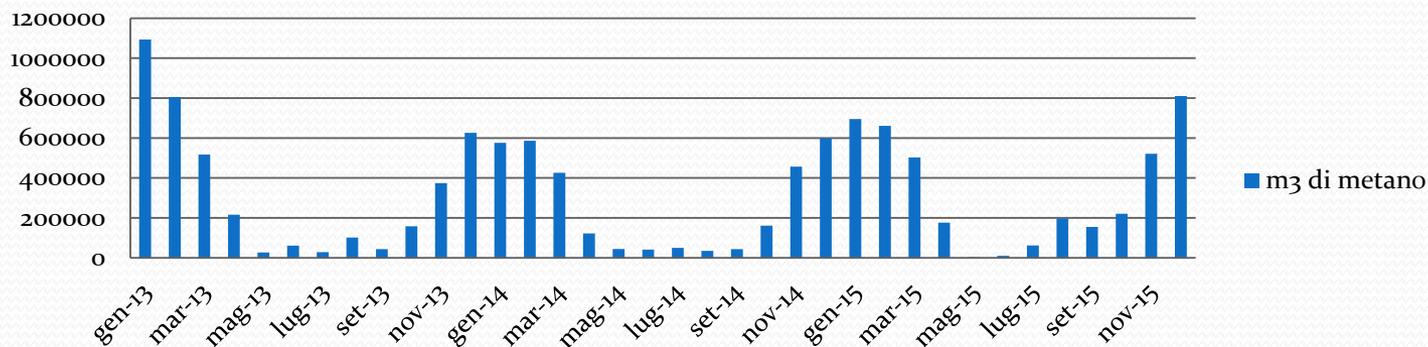
Quadro generale
delle origini dei
consumi

Consumi totali di UniTo

Consumi elettrici - UniTo 2013-2015



Consumi di metano - UniTo 2013-2015



Necessità di individuare un parametro che permetta di confrontare i consumi di periodi diversi tenendo presente le diverse condizioni climatiche al fine di valutare l'efficienza energetica dell'ateneo

Perdita di calore degli edifici

Conduzione

$$\vec{q} = -k \vec{\nabla} T$$

Convezione

$$q \approx h \Delta T$$

Irraggiamento infrarosso

$$q = E \sigma (T^4 - T_{amb}^4) \approx E \sigma T_{media}^3 \Delta T$$

q = densità superficiale di flusso di calore [Wm^{-2}]

k = conducibilità termica [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]

h = costante che dipende dalle condizioni dell'aria all'esterno [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

E = emissività

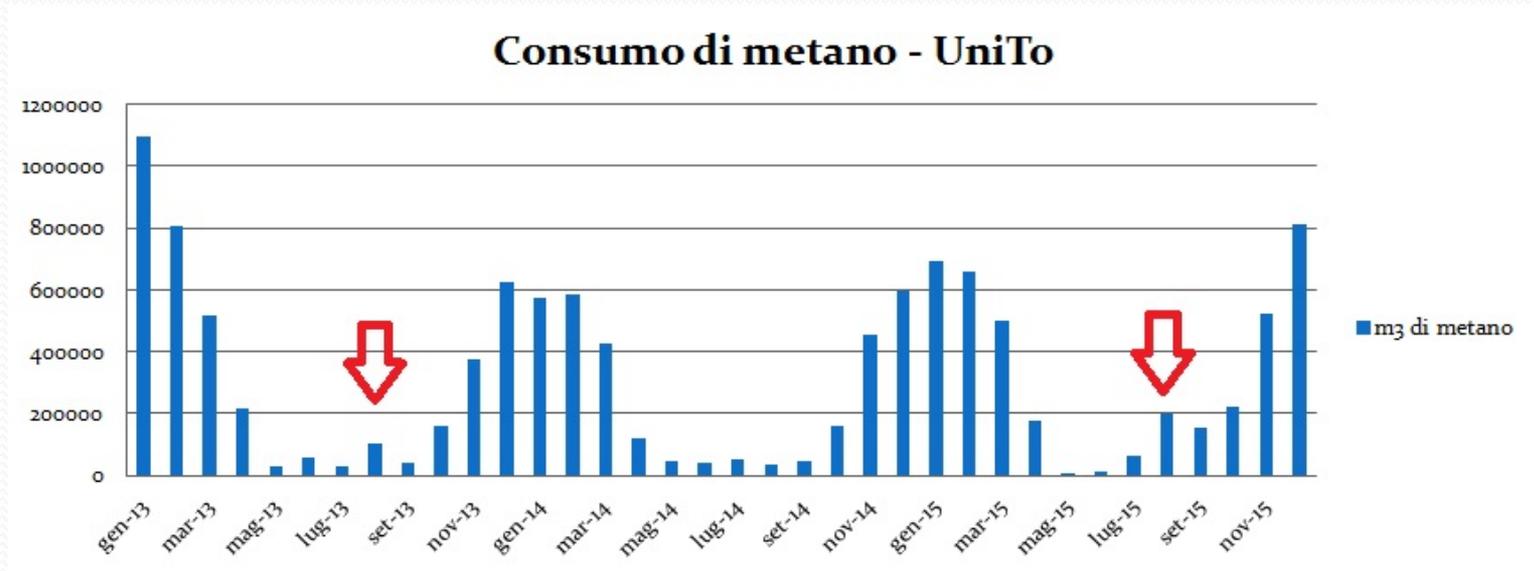
In buona approssimazione tutti e tre dipendono linearmente dalla temperatura

Gradi Giorno Invernali

normativa UNI 9019:1987

$$GGI = \sum (20^\circ\text{C} - T_e)$$

Riscaldamento UniTo



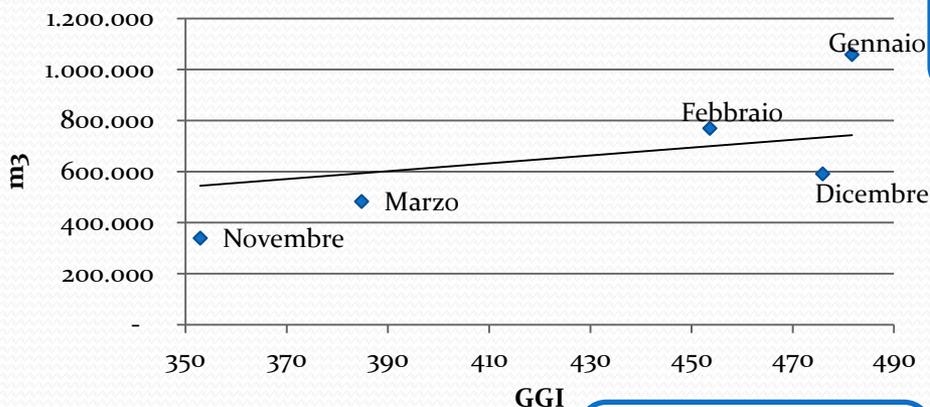
Consumi molto elevati nei mesi di Agosto 2013 e Agosto 2015 ed in generale non nulli nei mesi estivi

Consumi estivi dovuti a:



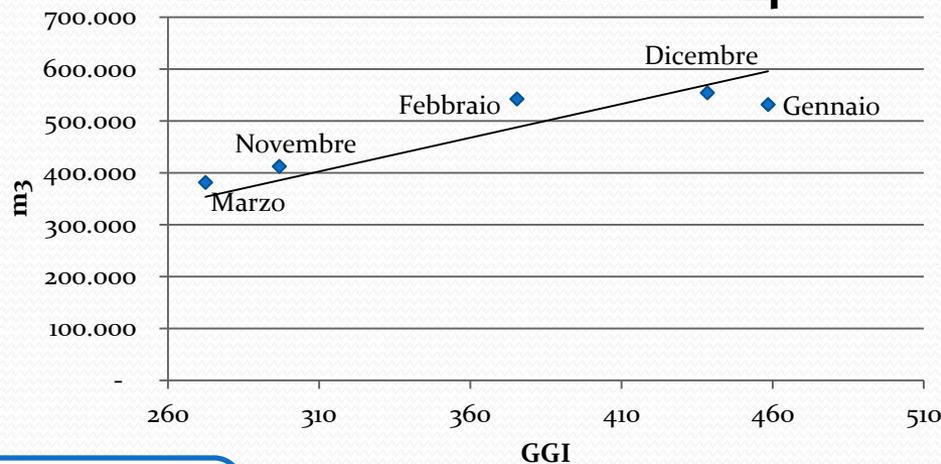
Per isolare i consumi dovuti al riscaldamento, si è sottratto al dato totale la media dei m³ di metano consumati nei mesi di Maggio e Settembre, che si sono assunti interamente riconducibili a queste cause

Riscaldamento vs GGI 2013



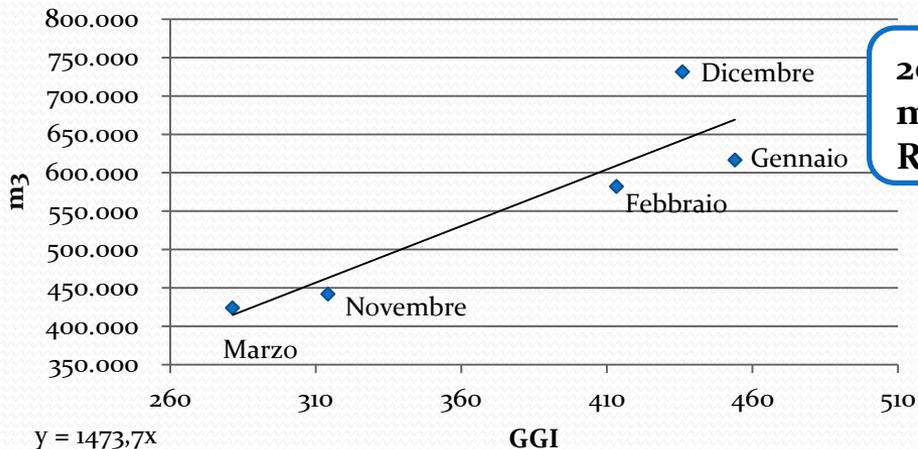
2013
 $m=1542.6$
 $R^2 = 0,42$

Riscaldamento vs GGI 2014



2014
 $m=1299.1$
 $R^2 = 0,66$

Riscaldamento vs GGI 2015

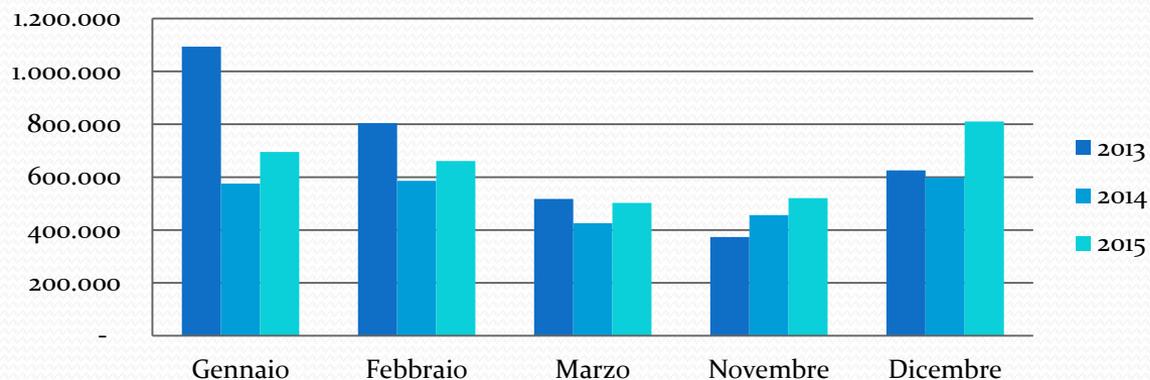


2015
 $m = 1473.7$
 $R^2 = 0.82$

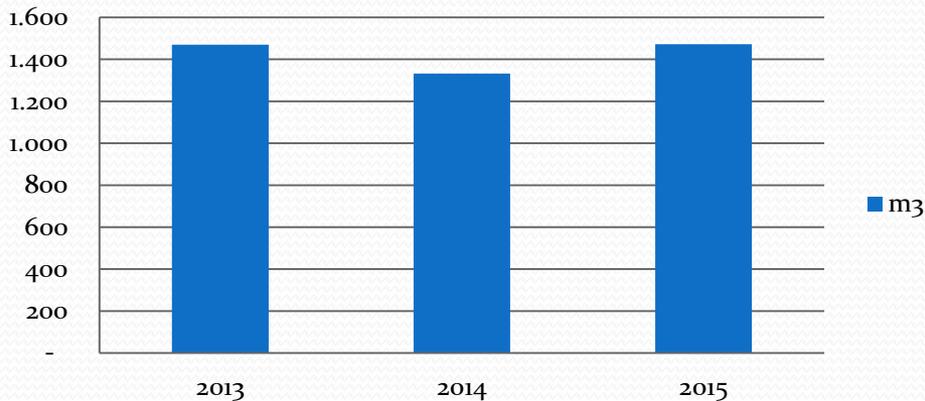
$Y = 1473,7X$
 $R^2 = 0,8182$

C'è un'evidente correlazione tra le due variabili, le anomalie sono dovute a problemi nei dati delle bollette che non sono del tutto aderenti ai consumi, ma il problema è in fase di risoluzione.

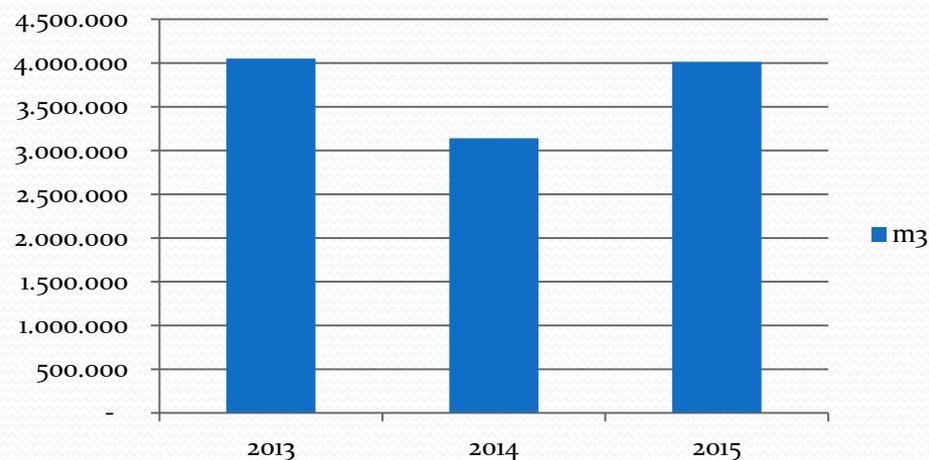
Confronto consumi annui



m3 di metano (dovuti al riscaldamento) per singolo GGI



Consumo totale



Parte dei consumi del 2014 pare siano stati conteggiati nel 2013

Trend costante

Gradi Giorno estivi

$$GGE = \sum (T_x - T_{comfort})$$

$T_{comfort}$ può essere 25°C o 24°C

Come T_x si può utilizzare la temperatura esterna oppure un indice di calore che tenga conto anche dell'umidità dell'aria

Indice Humidex

J.M. Masterton, F.A. Richardson, 1979,
A Method of Quantifying Human Discomfort Due To Excessive Heat and Humidity,
Enviroment Canada, Atmospheric Enviroment Service.

Heat Index

Rothfusz L.P , 1990,
The heat index equation, NWS Southern Region Technical Attachment, SR/SSD 90-23, Fort Worth, Texas

Stimare i consumi per refrigerazione

Strategia analoga a quella utilizzata per la stima dei consumi per riscaldamento:

Sottrarre ai mesi estivi la media dei consumi di Maggio e Ottobre e confrontare con GGE

Diversa incidenza dell'illuminazione tra Maggio-Ottobre e Giugno-Luglio-Agosto

Assunzione:

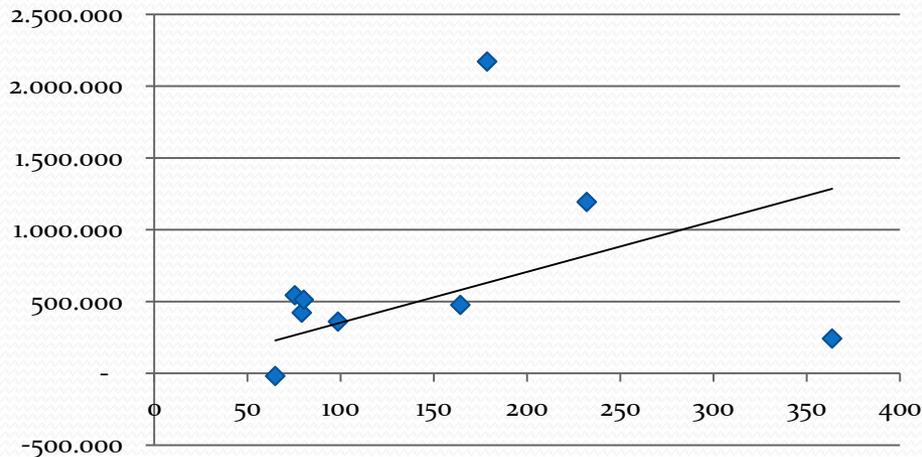
15% per Ottobre

7% per Maggio, Giugno, Luglio e Agosto

Diversi risultati per diverse tecniche calcolo dei GGE ci diranno qual è la migliore per valutare i consumi

GGE calcolati con gli indici di temperatura percepita

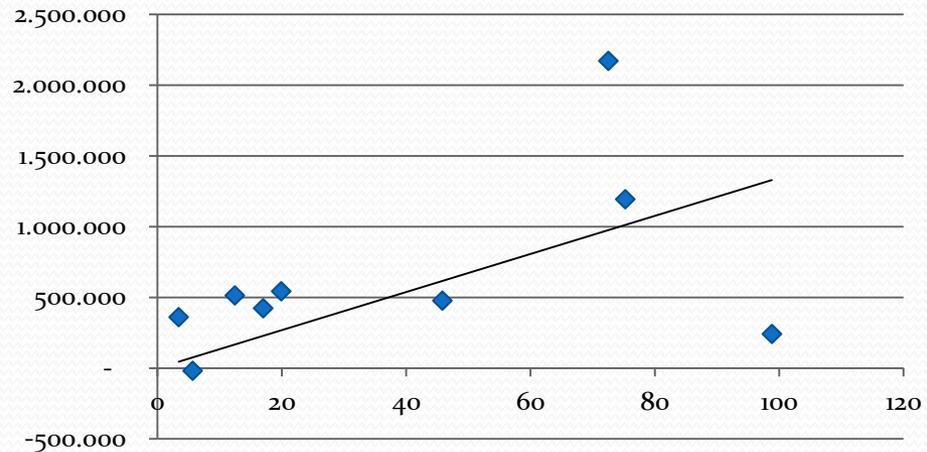
Humidex



$$R^2 = 0.118$$

Nessuna correlazione con i consumi per refrigerazione

Heat Index



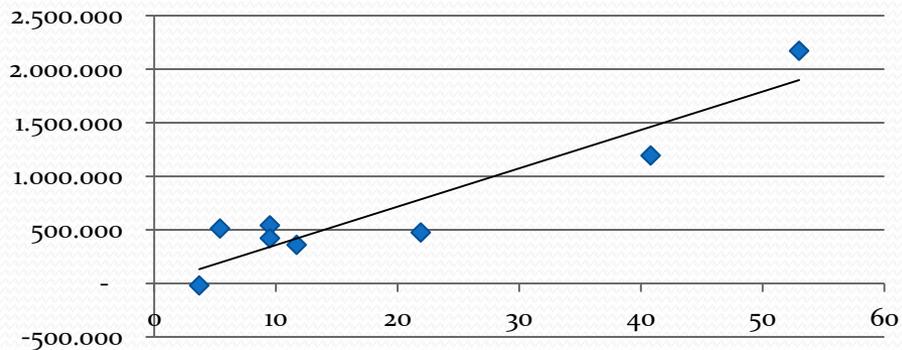
$$R^2 = 0.121$$

Parametri da rigettare

GGE calcolati con la temperatura esterna

Temperatura esterna con

$$T_{\text{comfort}}=25^{\circ}\text{C}$$



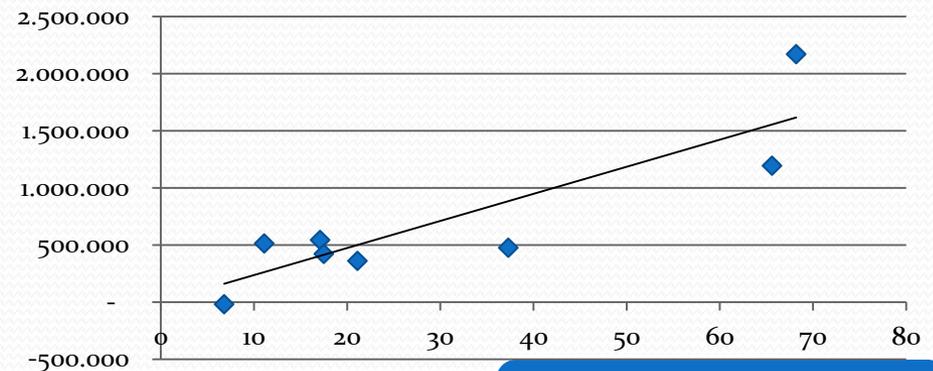
$$R^2=0.87$$

$$m = 35\,807 \text{ kWh}/^{\circ}\text{C}$$

I consumi per raffreddamento non sono influenzati dall'umidità dell'aria

Temperatura esterna con

$$T_{\text{comfort}}=24^{\circ}\text{C}$$



$$R^2=0.77$$

$$m = 23\,699 \text{ kWh}/^{\circ}\text{C}$$

Grande impiego di ventilconvettori che non controllano l'umidità

I GGE calcolati con la temperatura esterna sono il miglior parametro di confronto per i consumi dovuti alla refrigerazione

Orto Botanico



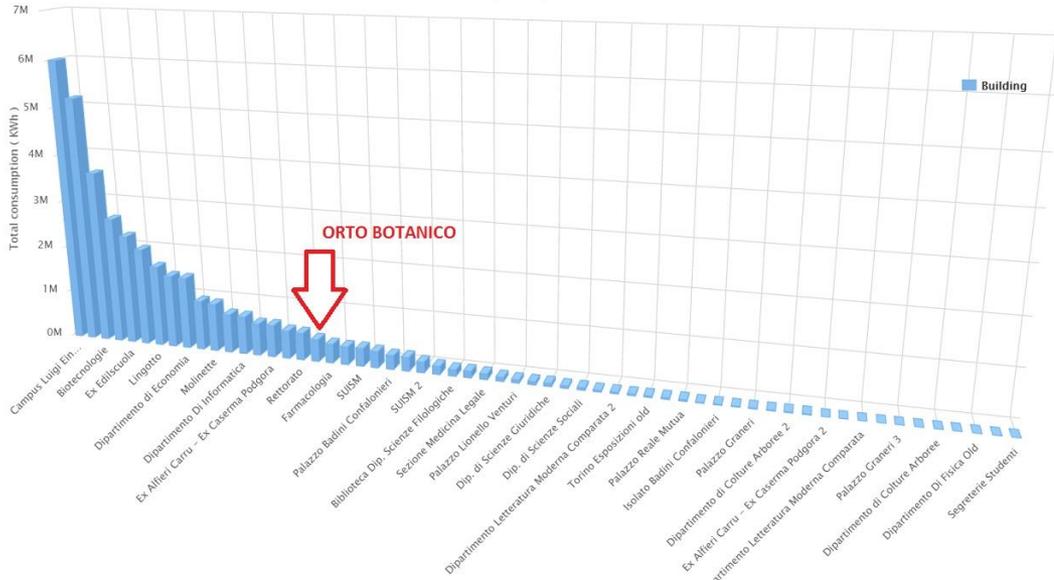
Obiettivi:

Indagare le origini
dei consumi di
energia elettrica
dell'edificio

Individuare
eventuali
possibilità di
intervento

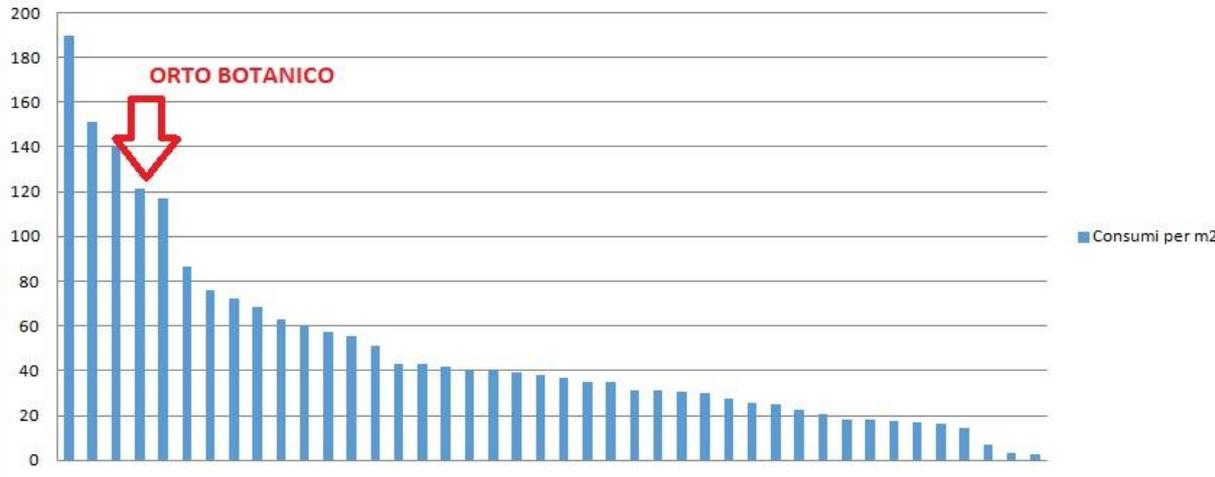
L'orto botanico in UniTo

UNITO building Comparison 2015



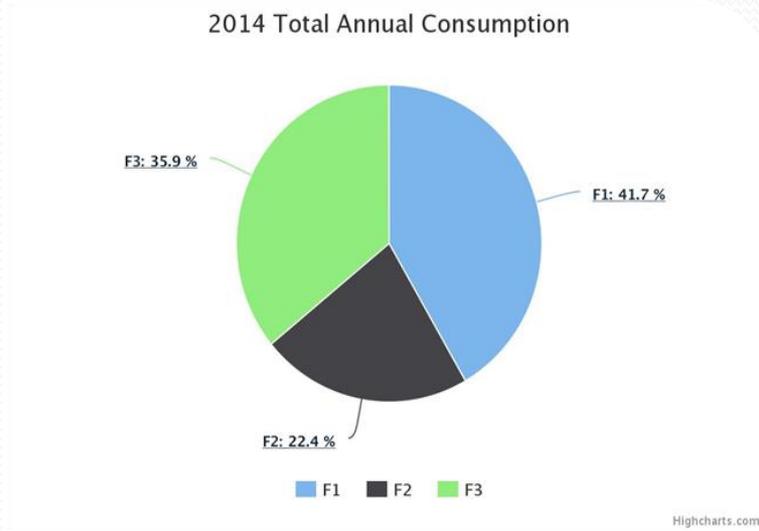
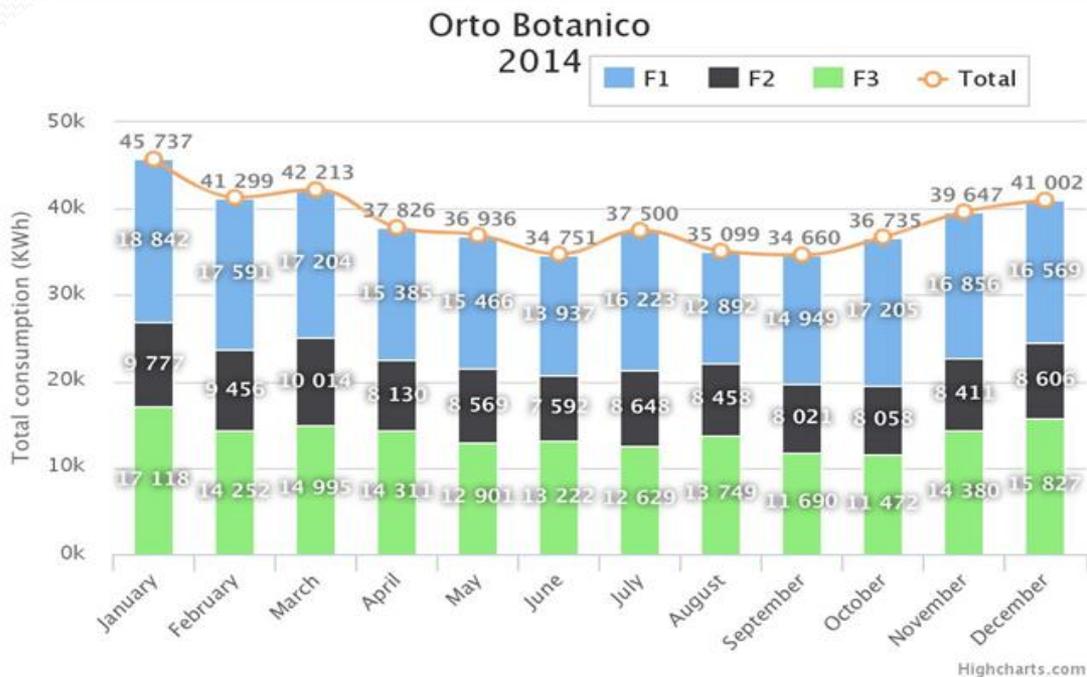
A dispetto di un consumo assoluto relativamente basso, l'Orto Botanico è uno degli edifici dell'università con i più alti consumi per metro quadro

Consumi per m2



Presenza di macchinari tecnici molto energivori quali frigoriferi e celle climatiche.

Consumi per fascia oraria

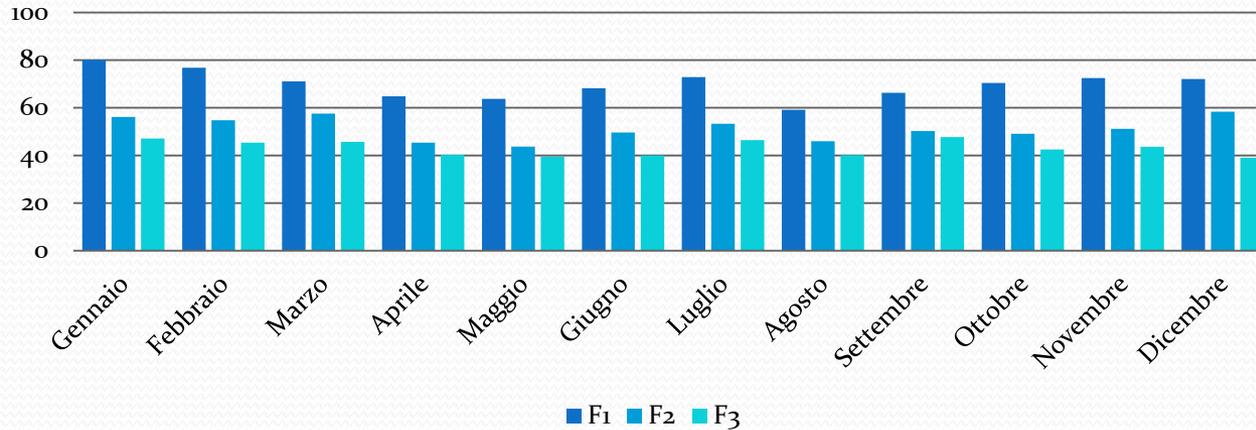


Ore del giorno	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
lunedì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3																	
martedì	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3												
mercoledì	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3												
giovedì	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3												
venerdì	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3												
sabato	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F2	F3																	
domenica	F3																								

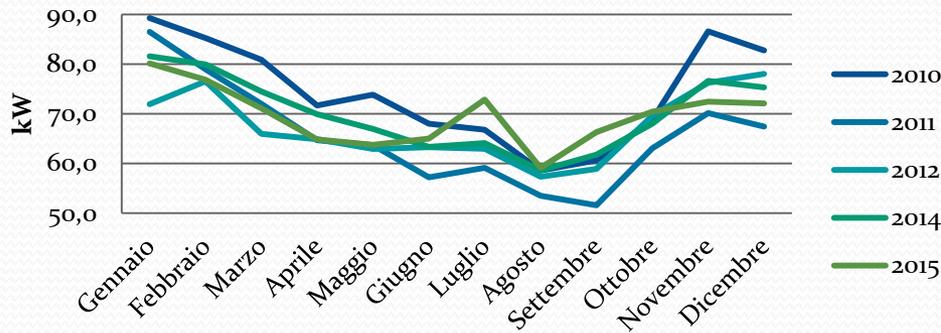
Alta incidenza delle ore notturne

Strumentazione tecnica sempre in funzione

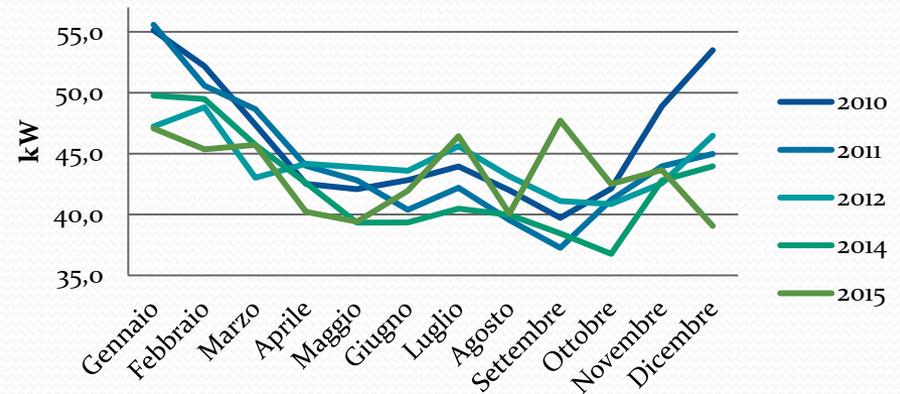
Assorbimento potenza per fasce [kW] 2015



Assorbimento in fascia F1 negli anni



Assorbimento in fascia F3 negli anni



Livelli maggiori nei mesi più freddi per la maggiore illuminazione necessaria

Picchi nei mesi estivi per il condizionamento

Illuminazione Orto Botanico

Piano terra				
	Neon 36 W	Neon 18 W	Consumo teorico [kW]	Confumo effettivo [kW]
Zone comuni	36	0	1,30	1,80
Altre zone	209	5	7,61	10,58

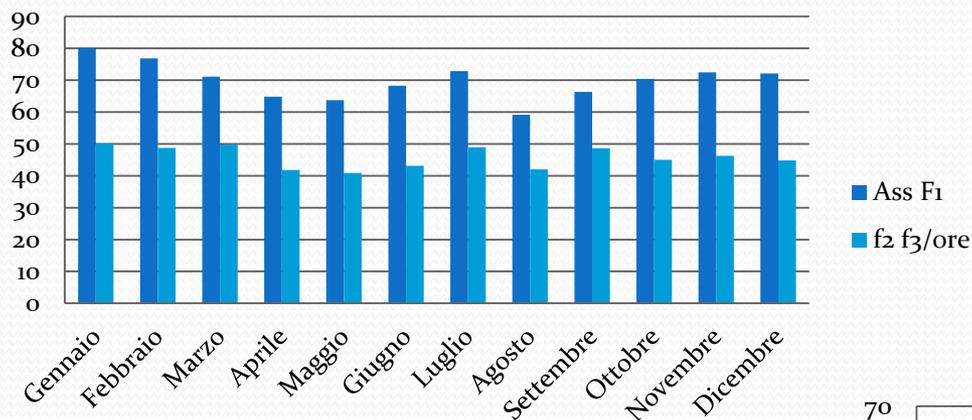
Piano interrato				
	Neon 36 W	Neon 18 W	Consumo teorico [kW]	Confumo effettivo [kW]
Zone comuni	35	4	1,33	1,85
Altre zone	139	29	5,53	7,68

Primo piano e piano ammezzato				
	Neon 36 W	Neon 18 W	Consumo teorico [kW]	Confumo effettivo [kW]
Zone comuni	30	0	1,08	1,50
Altre zone	122	27	4,88	6,78

Totale				
Zone comuni	101	4	3,71	5,15
Altre zone	470	61	18,02	25,03

Confronto Giorno - Notte

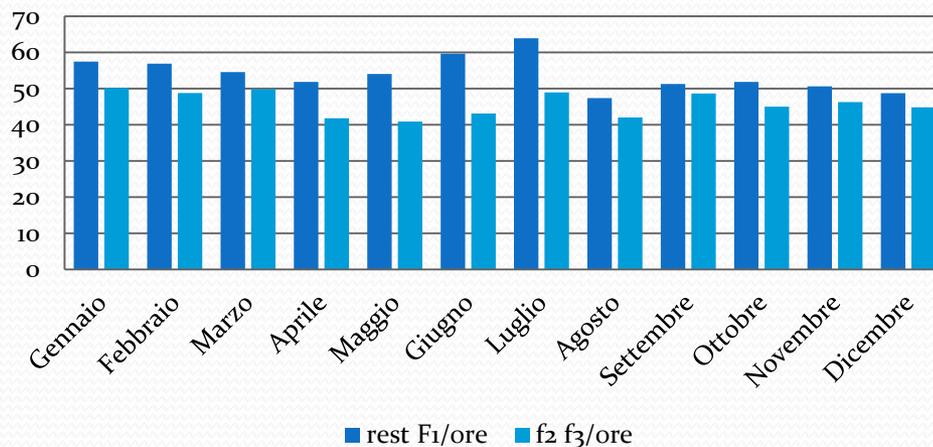
Assorbimento totale



Sottrazione dei kW dovuti all'illuminazione ai consumi diurni e notturni

Dove si è considerata la diversa necessità di illuminazione dei diversi mesi

Assorbimento parziale



In estate c'è ancora grande dislivello a causa del condizionamento

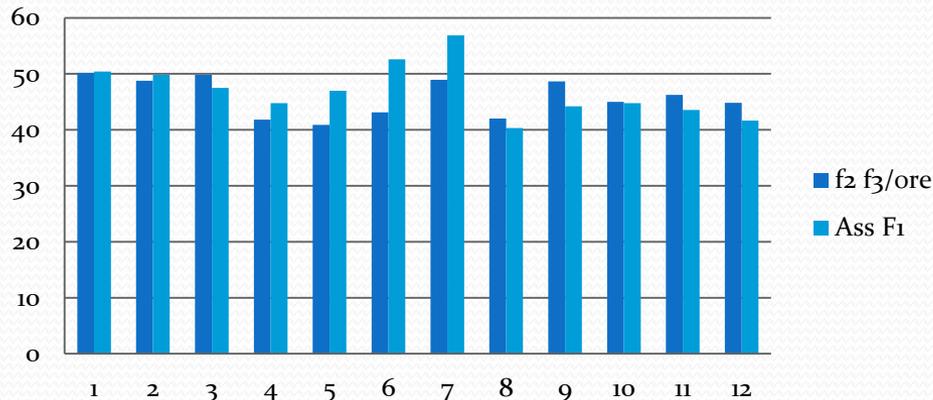
Altri consumi diurni

Tramite pinza amperometrica efergy è stata misurata la potenza di altri strumenti elettrici



		Assorbimento		Potenza [kW]							
		Stufe	Ventilatori	Condizionatori	Fotocopiatrici	Computer	Monitor	Stampanti	Distributori	Illuminazione	Disavanzo
Gennaio	F1	7,273	0	0	0,442	4,194	1,890	1,020	0,664	22,700	41,995
	F2/F3	0	0	0	0,039	2,796	1,260	0,510	0,410	0,385	44,786
Luglio	F1	0	0,350	5,114	0,442	4,194	1,890	1,020	0,664	8,900	50,261
	F2/F3	0	0	0	0,039	2,796	1,260	0,510	0,410	0,385	43,615

Confronto giorno-notte potenza assorbita



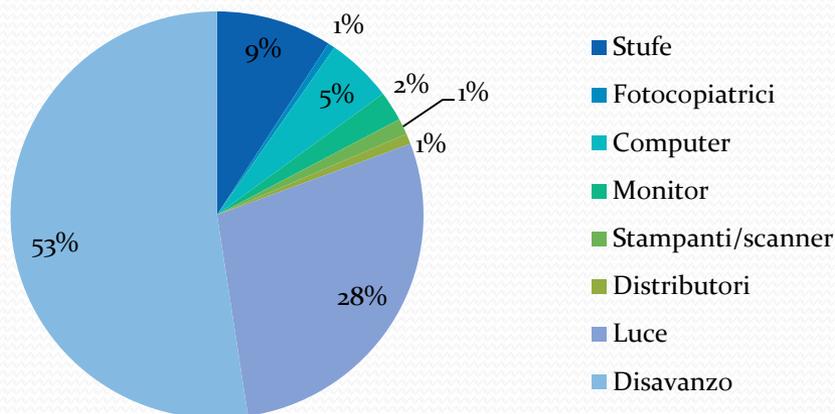
Equilibrio giorno-notte in tutto l'anno esclusi i mesi estivi

Maggiori consumi diurni in estate dovuti alle UTA

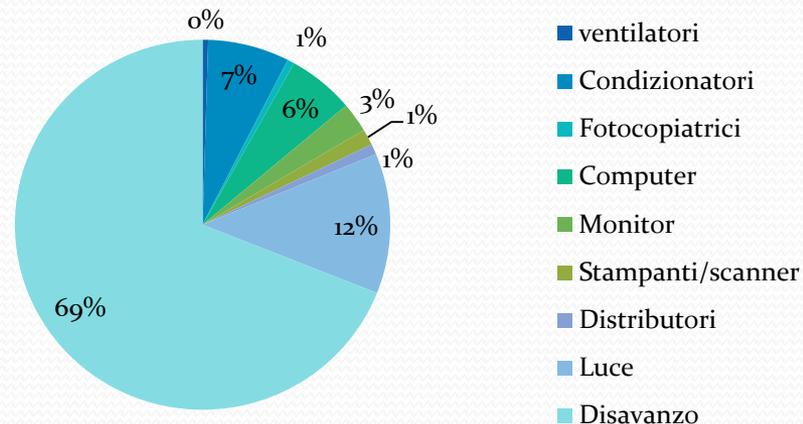
Cio che resta dev'essere il consumo dell'apparecchiatura tecnica che non è stata misurata

Suddivisione consumi Orto Botanico

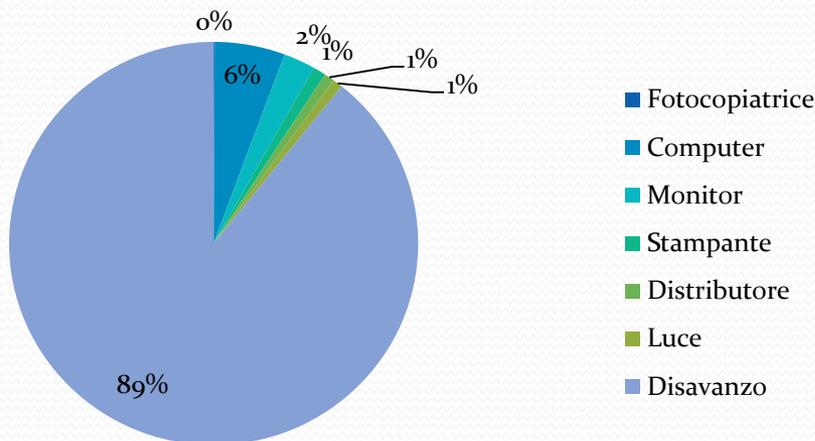
Gennaio: incidenza totale F1



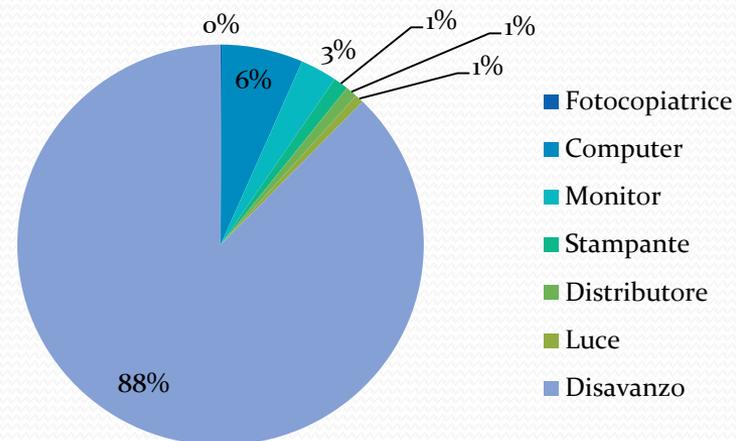
Luglio: incidenza totale F1



Gennaio: incidenza totale F2+F3



Luglio: incidenza totale F2+F3



Risparmio energetico: sostituzione Led

Mese	Consumo previsto [kWh]	Consumo F1 [kWh]	Costo F1	Consumo F2 [kWh]	Costo F2	Consumo F3 [kWh]	Costo F3		Costo totale
Gennaio	1442	1133	€ 215,27	206	€ 37,08	103	€ 15,45		€ 267,80
Febbraio	1442	1133	€ 215,27	206	€ 37,08	103	€ 15,45		€ 267,80
Marzo	1586	1246,3	€ 236,80	226,6	€ 40,79	113,3	€ 17,00		€ 294,58
Aprile	1514	1189,65	€ 226,03	216,3	€ 38,93	108,15	€ 16,22		€ 281,19
Maggio	1442	1133	€ 215,27	206	€ 37,08	103	€ 15,45		€ 267,80
Giugno	1514	1189,65	€ 226,03	216,3	€ 38,93	108,15	€ 16,22		€ 281,19
Luglio	1658	1302,95	€ 247,56	236,9	€ 42,64	118,45	€ 17,77		€ 307,97
Agosto	1514	1189,65	€ 226,03	216,3	€ 38,93	108,15	€ 16,22		€ 281,19
Settembre	1586	1246,3	€ 236,80	226,6	€ 40,79	113,3	€ 17,00		€ 294,58
Ottobre	1586	1246,3	€ 236,80	226,6	€ 40,79	113,3	€ 17,00		€ 294,58
Novembre	1514	1189,65	€ 226,03	216,3	€ 38,93	108,15	€ 16,22		€ 281,19
Dicembre	1514	1189,65	€ 226,03	216,3	€ 38,93	108,15	€ 16,22		€ 281,19
Tot	18313	14389,1	€ 2.733,93		€ 470,92		€ 196,22		€ 3.401,06

Plafoniere led

Numero punti luce	Spesa per punto luce	Spesa intervento	Costo annuo attuale	Risparmio	Risparmio annuale	Anni rientro
50	€ 100,00	€ 5.000,00	€ 3.401,06	50%	€ 1.700,53	2,94

Altri benefici dell'illuminazione con LED

Maggiore luminosità

Vita media molto maggiore rispetto a quella dei neon (50 000 ore contro le 15000 delle migliori lampade a fluorescenza), quindi minor necessità di manutenzione

	Ore accensione	Vita media	Punti luce	Sostituzioni annue	Costo sostituzione	Costo annuo	Risparmio annuo
Neon	3290	15000	105	23,03	€ 50,00	€ 1.151,50	
Led	3290	50000	55	3,619	€ 100,00	€ 361,90	€ 789,60

Risparmio annuo
totale: € 2500

Recupero spesa
iniziale in 2 anni

Conclusioni sull'orto botanico

A causa della sua peculiarità l'Orto Botanico non è un edificio che offre grandi possibilità di intervento.

Resta un buona parte di consumi che non si è potuto verificare relativi ai macchinari tecnici.

Ora c'è comunque un quadro più chiaro di come venga utilizzata l'energia nell'edificio ed in futuro sarà più semplice individuare e correggere eventuali sprechi.



Grazie per l'attenzione

Temperatura percepita

Indice Humidex

$$H = T_e + \frac{5}{9} \left(6.11 \frac{U_{\%}}{100} 10^{\frac{7.5 T_e}{237.7 + T_e}} - 10 \right)$$

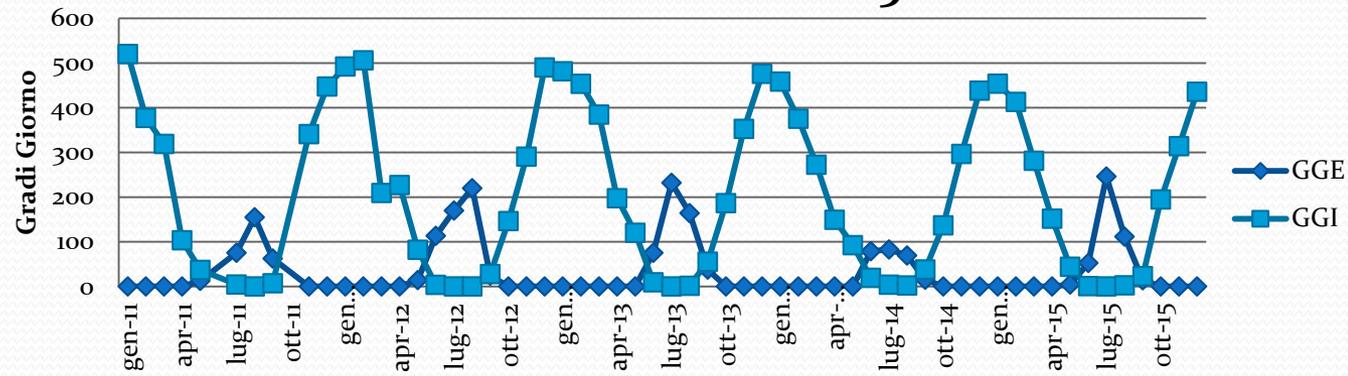
J.M. Masterton, F.A. Richardson, 1979,
A Method of Quantifying Human Discomfort Due To Excessive Heat and Humidity,
Enviroment Canada, Atmospheric Enviroment Service.

Heat Index

$$HI = -42.379 + 2.04901523T + 10.14333127R - 0.22475541TR - 6.83783 \times 10^{-3} T^2 - 5.481717 \times 10^{-2} R^2 + 1.22874 \times 10^{-3} T^2 R + 8.5282 \times 10^{-4} TR^2 - 1.99 \times 10^{-6} T^2 R^2$$

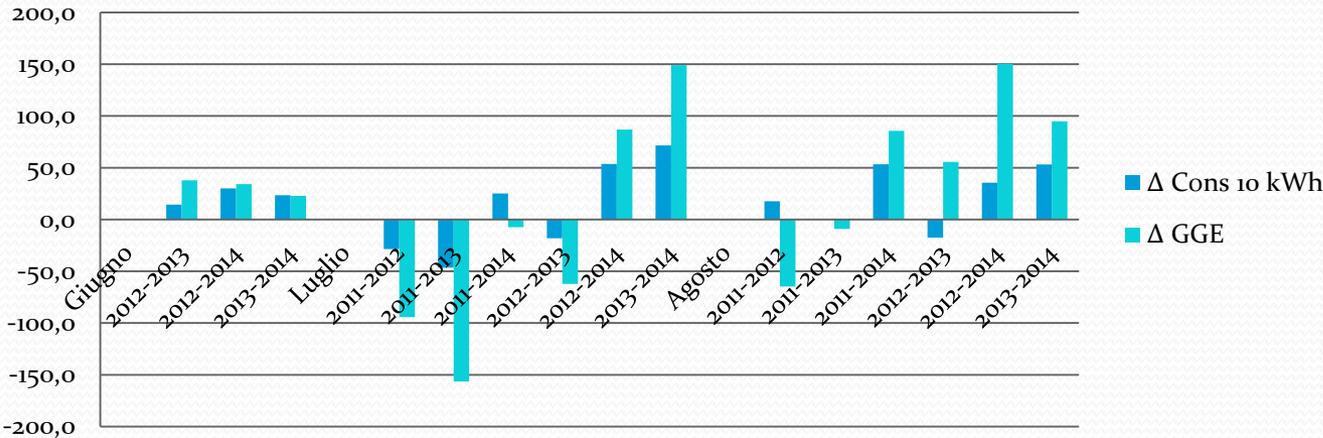
Rothfus L.P , 1990,
The heat index equation, NWS Southern Region Technical Attachment, SR/SSD 90-
23, Fort Worth, Texas

GGE e GGI 2011 - 2015



Altro metodo: i delta

Confronto differenze consumi e GGE



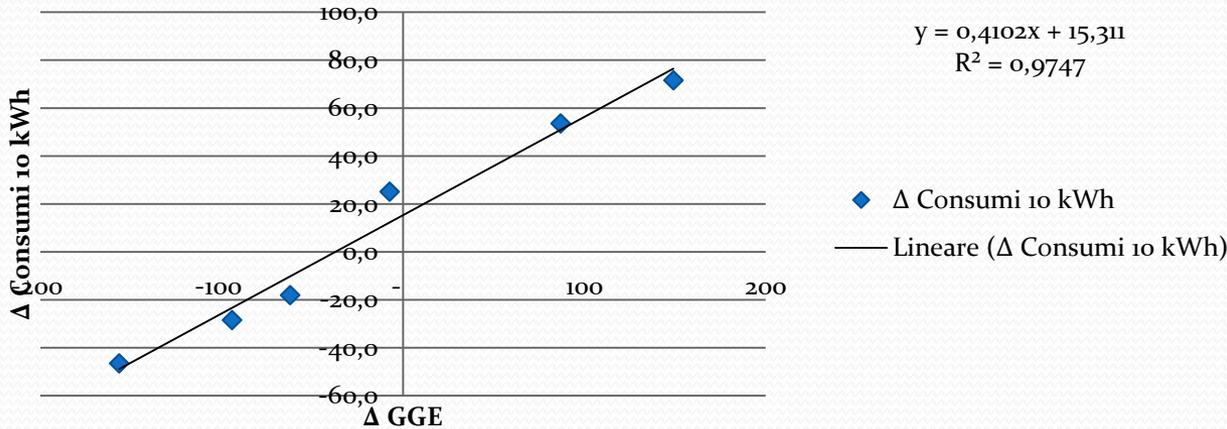
Evidente correlazione per il mese di Luglio

Agosto diversi periodi di apertura

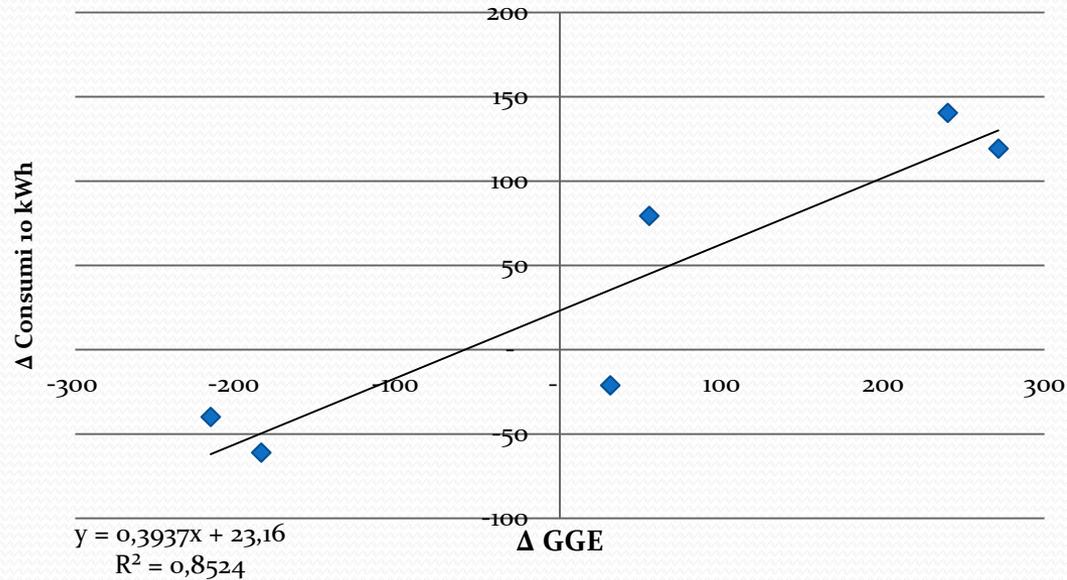
Il coefficiente di correlazione conferma la proporzionalità

A Luglio, per ogni GGE si consumano circa 4100 kWh

Luglio - Δ Consumi 10⁴ kWh vs ΔGGE



Estate - De Consu vs De GGE

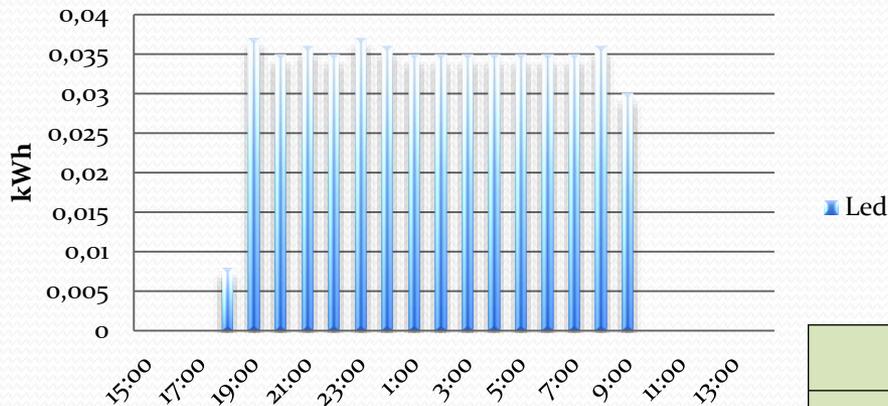


Usando le somme dei tre mesi estivi si nota che le anomalie di Agosto e Giugno in parte si compensano

In generale, per ogni GGE si spendono 3937 kWh

illuminazione esterna

Consumo singola lampada esterna



Singolo LED:
0.035 kWh

Si possono risparmiare inserendo un sensore di presenza circa € 160 all'anno

Consumi annuali 11 LED		
F1	F2	F3
kWh	kWh	kWh
309	172	456
Costo	Costo	Costo
€ 58,69	€ 30,96	€ 68,36
Tot		€ 158,01