

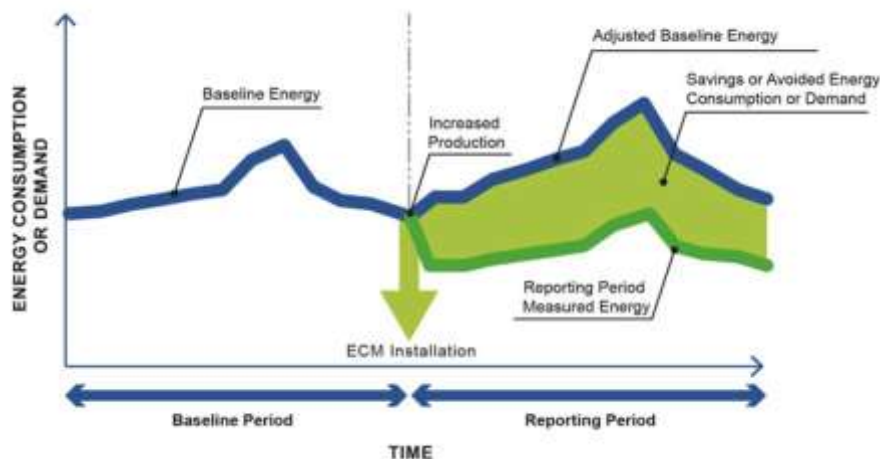
## Principi base per il calcolo del saving energetico elettrico

### 1) Il primo passo

Il primo documento di riferimento nell'ambito della misura degli interventi di efficientamento energetico elettrico è rappresentato dal protocollo internazionale IPMVP.

([https://it.wikipedia.org/wiki/Protocollo\\_internazionale\\_di\\_misura\\_e\\_verifica\\_delle\\_prestazioni](https://it.wikipedia.org/wiki/Protocollo_internazionale_di_misura_e_verifica_delle_prestazioni)).

La sua prima versione è datata 1995 ed i suoi contenuti sono stati, ai primordi dell'evoluzione di questa tecnologia, utilizzati diffusamente per tentare di misurare efficacemente il saving energetico ottenibile.



Come illustrato nel diagramma, che rappresenta la base del metodo IPMVP, la valutazione del saving ottenuto si fonda sulla creazione di una baseline con una o più misure da realizzare prima dell'intervento di efficientamento. Tale misura viene poi confrontata con una nuova misura realizzata dopo l'applicazione della nuova tecnologia. A questo punto, valutando il differenziale tra i due momenti, è possibile misurare l'efficacia dell'intervento.

### Problema 1 affrontato dal team di Enersolve

Il metodo consente di valutare efficacemente il dato di saving in scenari e/o porzioni di impianto con profili di consumo costanti (singoli motori, corpi illuminanti, ecc), ma presenta grossi limiti nell'ambito di impianti con mix di carico variabile per entità, tipologia e tempi di utilizzo.

## 2) Il secondo passo.

Per tentare di migliorare e correggere la misura ottenuta con il protocollo IPMVP viene realizzata, nel corso del 2009, la norma VDE-AR-E-2055-1.

Il senso della norma è chiaramente descritto nel suo titolo che abbiamo tradotto per maggior chiarezza :

### **Calcolo dell'aumento dell'efficienza energetica con l'impiego di regolatori di energia mediante il principio della depressione di tensione**

Le innovazioni introdotte della norma sono almeno due :

- a) La norma viene realizzata specificatamente per cercare di intercettare il saving energetico elettrico.
- b) Viene riconosciuto che non tutti i carichi sono efficientabili in egual misura a pari depressione della tensione. Sotto la traduzione di un estratto della norma

#### **3.1.12**

##### **Categoria degli utilizzatori**

Suddivisione degli utilizzatori in categorie secondo il punto 3.1.5, 3.1.6 e 3.1.7:

| <u>Categoria</u> | <u>Designazione</u>                       |
|------------------|---|
| $\alpha$         | Utilizzatori dipendenti di tensione       |
| $\beta$          | Utilizzatori di potenza costante          |
| $\gamma$         | Utilizzatori di energia a flusso costante |

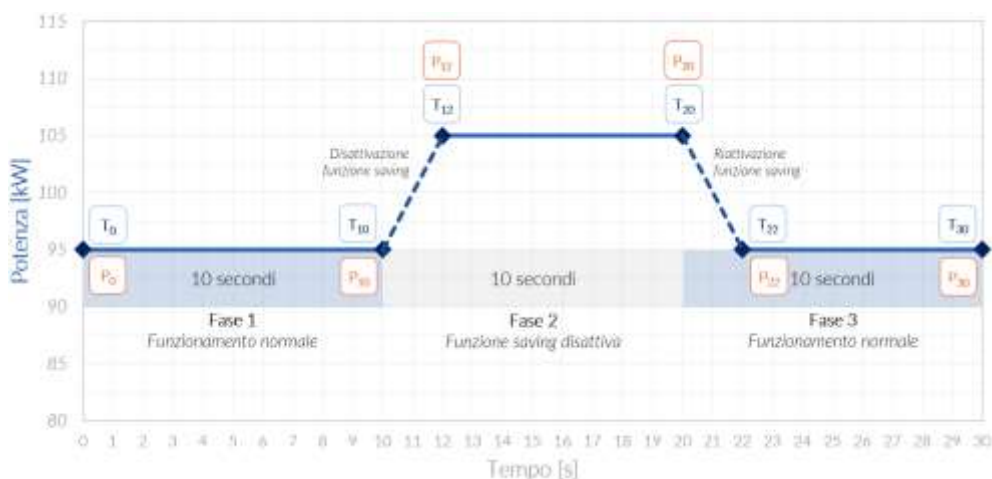
## **Problema 2 affrontato dal team di Enersolve**

La norma rappresenta un significativo passo avanti in relazione al protocollo IPMVD ma non specifica come realizzare una misura affidabile nell'ambito di un impianto che funziona dinamicamente.

### 3) Il terzo passo, l'innovazione di Enersolve, la misura continua ed il protocollo ESPRO di Enea

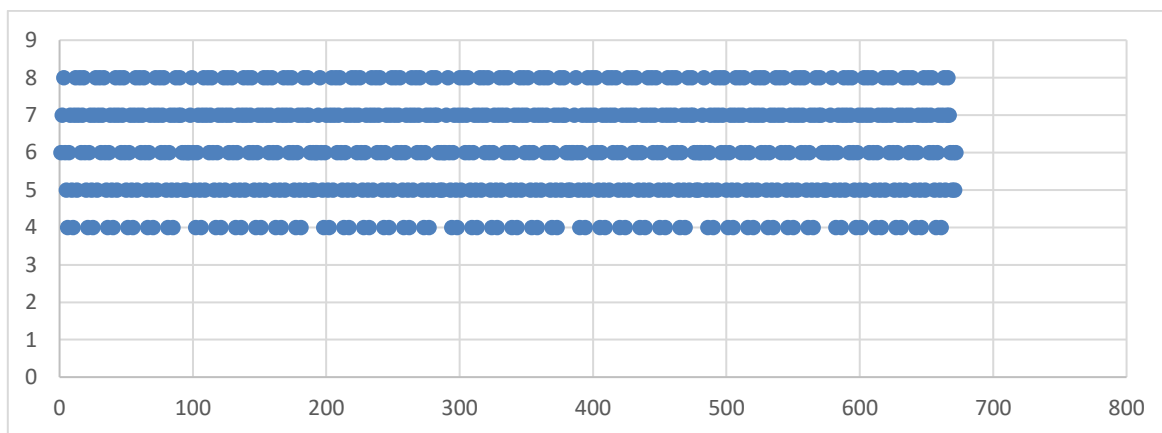
Analizzando i documenti ai passi 1 e 2 ed osservando quanto proposto dal mercato, risultava chiara l'assenza di un metodo di misura che consentisse non solo di intercettare, giorno per giorno, l'effettivo andamento del risparmio conseguito in funzione del mix di carichi, ma anche che permettesse di seguire la "vita" e le evoluzioni dell'impianto stesso.

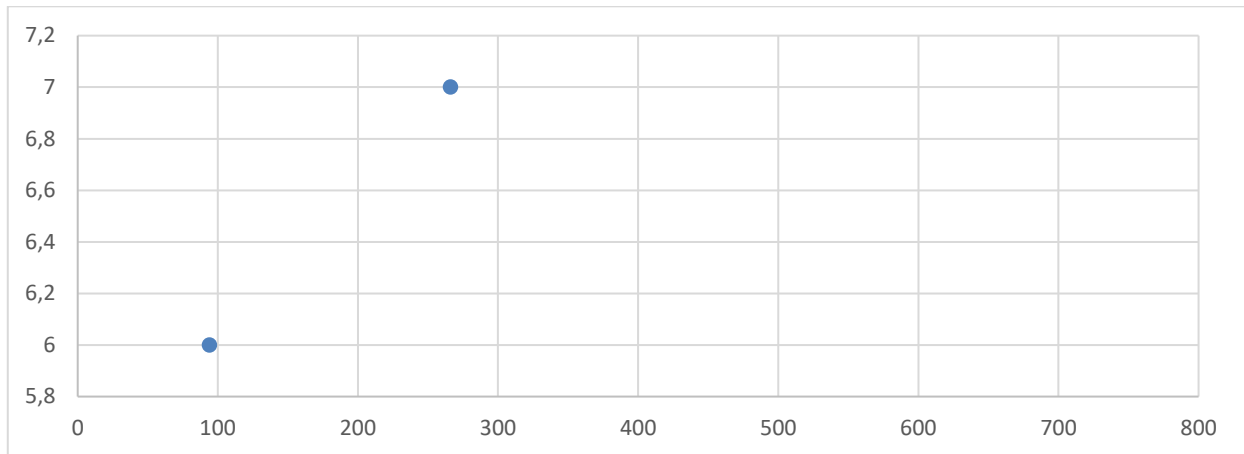
L'unico metodo individuato per raggiungere l'obiettivo descritto sopra era quello della misura continua che, nell'ambito del progetto Enersolve, viene realizzata secondo la modalità descritta sotto con cadenza temporale 15 minuti e quindi 96 volte al giorno.



I grafici successivi rappresentano la numerosità delle rilevazioni di Enersolve (grafico 1) nell'ambito di una settimana di attività confrontate con le rilevazioni, nello stesso periodo, realizzate da altre soluzioni.

Nel caso specifico si passa da 672 a 2 misure.





E' palese come la bassa numerosità di campioni prelevati non possa essere significativa in quanto solo un'elevata numerosità fornisce un'ampia base statistica delle misure di saving che, per loro natura, non possono essere ritenute tutte valide. Infatti la misura potrebbe essere inficiata da una modificazione repentina della potenza prelevata e/o da altri fattori.

Il requisito dell'alta numerosità di campioni prelevati è stata fin dall'inizio alla base dell'elaborato di ENEA



### ATTESTATO DI VERIFICA PROTOCOLLO DI MISURA

**Protocollo verificato:**

**ESPRO**

(Electrical Energy Saving Protocol)

Numero di registrazione:

[ENEA/2017/61726/UTEE-EEAP]

Data di Emissione: [23/11/2017]

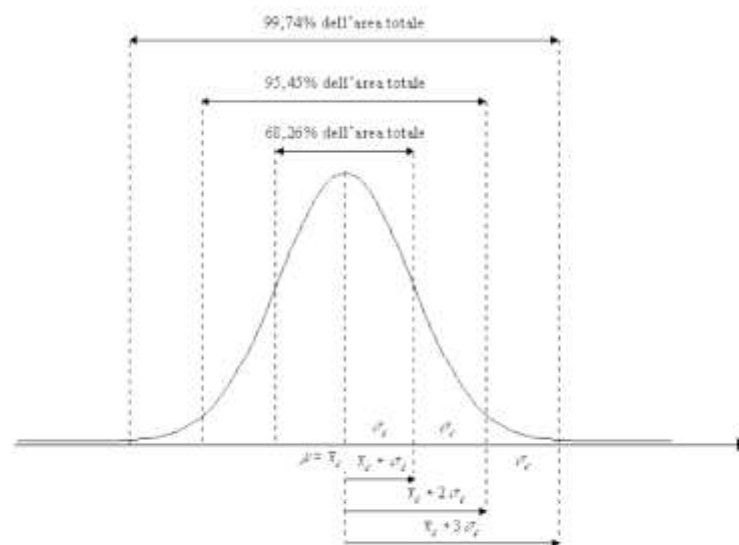
che nel documento finale inserisce la seguente nota :

**Sulla base dell'attività svolta e descritta nel rapporto tecnico finale, ENEA valida che l'algoritmo di calcolo fornisce un'affidabile metodologia di calcolo dei risparmi di energia elettrica, relativamente alle tipologie di applicazioni prese in esame.**

Per cui determinato come calcolare il singolo campione e riconosciuta la necessità di avere un'ampia base statistica, il problema dell'aggregazione dei singoli campioni per arrivare al risultato finale è stato affrontato da ENEA con queste modalità :

L'operazione di campionamento consiste infatti nell'estrarre dalla popolazione (l'universo campionario) un certo numero di casi; se questo insieme più piccolo di elementi riproduce esattamente la popolazione per le proprietà su di essa misurabili, tale campione si dice **campione rappresentativo e i risultati ottenuti a partire da esso sono generalizzabili, cioè dotati di validità esterna in quanto i risultati ottenuti studiando il campione sono estensibili all'intera popolazione.**

Quindi i campioni ritenuti rappresentativi vengono "pesati" statisticamente in relazione alla popolazione globale :



*Figura 8: Rappresentazione grafica della confidenza in una distribuzione normale*

Risulta però chiaro che, secondo ENEA, la determinazione del corretto valore di saving è ottenibile solo dopo l'analisi e la selezione delle misure significative nell'ambito di una popolazione molto ampia che deve rappresentare il miglior compromesso tra la sua numerosità e la necessità di perdere la minor quantità di saving possibile. La misura del saving ogni 15 minuti è stata una richiesta specifica per avvicinarsi ai canonici intervalli di misura dell'energia da parte dell'ente fornitore.

La creazione di questa alta numerosità di campioni è stata resa possibile dalla tecnologia di Enersolve che consente il passaggio, nell'ambito della finestra di misurazione, dalla condizione di saving a quella di bypass in modo trasparente per la linea (nessuna perturbazione e/o evento traumatico) e per la stessa apparecchiatura. Tale attività non causa infatti nessuna riduzione della vita utile ma, al contrario, è funzionale alla stessa apparecchiatura che, in questa fase, lancia una serie di controlli sullo stato della linea.

#### 4) Il caso 3B, guida per la verifica del saving

In relazione al diagramma a pagina 3 abbiamo detto che il dato relativo al saving puntuale viene estratto secondo il protocollo di ENEA utilizzando il seguente criterio :

|   |      |            |
|---|------|------------|
|  | Rev. | Data       |
|   | 1    | 14/11/2017 |

#### Algoritmo di calcolo

L'algoritmo di calcolo prevede il confronto tra la potenza media misurata con macchina in modalità di by-pass (nell'intervallo  $\Delta 2$ ) e quella misurata in modalità "saving", durante gli intervalli  $\Delta 1$  e  $\Delta 3$ .

Definiti:

- P1 = Potenza istantanea assorbita all'istante t
- P2 = Potenza istantanea assorbita all'istante t+10s
- P3 = Potenza istantanea assorbita all'istante t+12s
- P4 = Potenza istantanea assorbita all'istante t+20s
- P5 = Potenza istantanea assorbita all'istante t+22s
- P6 = Potenza istantanea assorbita all'istante t+30s

Viene calcolata:

- $\Delta P1 = \text{MEDIA} (P1, P2)$  [kW]
- $\Delta P2 = \text{MEDIA} (P3, P4)$  [kW]
- $\Delta P3 = \text{MEDIA} (P5, P6)$  [kW]
- $\Delta Pm = \frac{\Delta P1 + \Delta P3}{2}$  [kW]

Il risparmio percentuale viene calcolato secondo la seguente relazione:

$$\text{risp}\% = 1 - \frac{\Delta Pm}{\Delta P2} [\%]$$

I dati necessari sono estraibili dalla stessa piattaforma, già sincronizzati, utilizzando le cartelle "Potenza attiva equivalente", "Tensione In", "Tensione Out" e, per controllo, la cartella "Saving". Aggregando tali dati in un foglio elettronico, funzione presente in Enercloud, si ottengono le prime sei colonne del foglio allegato, estratto oggi dalla stessa piattaforma. Le altre cinque colonne contengono, semplicemente, l'applicazione sul singolo campione, dell'algoritmo di ENEA. Vengono quindi estratte le medie delle potenze prima e dopo e confrontate con il dato calcolato dalla piattaforma.

**Come noterete i risultati sono congruenti, dimostrando che la misura realizzata dal multimetro a bordo macchina, misura riproducibile per contraddittorio con un altro strumento esterno posizionato in uscita della macchina stessa e che preleva uguali grandezze in modo sincrono, corrisponde esattamente al dato pubblicato dalla piattaforma.**

| Data/ora da      | Data/ora a       | Potenza attiva equivalente [kW] | Tensione input [V] | Tensione output [V] | Saving (%) Enercloud | Potenza media intervallo 1 saving | Potenza media intervallo 2 bypass | Potenza media intervallo 3 saving | Potenza media intervalli 1 e3 saving | Saving (%) calcolato |
|------------------|------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 17/04/2018 08:42 | 17/04/2018 08:42 | 109,06                          |                    | 381,79              |                      | 108,105                           | 108,545                           | 99,13                             | 103,6175                             | 4,54                 |
| 17/04/2018 08:43 | 17/04/2018 08:43 | 107,15                          |                    | 381,41              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 08:43 | 17/04/2018 08:43 | 108,76                          | 396,49             |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 08:43 | 17/04/2018 08:43 | 108,33                          | 396,27             |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 08:43 | 17/04/2018 08:43 | 100,21                          |                    | 382,81              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 08:43 | 17/04/2018 08:43 | 98,05                           |                    | 382,28              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 08:30 | 17/04/2018 08:45 |                                 |                    |                     | 4,54                 |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 08:57 | 17/04/2018 08:57 | 104,84                          |                    | 382,65              |                      | 105,245                           | 112,275                           | 111,215                           | 108,23                               | 3,60                 |
| 17/04/2018 08:58 | 17/04/2018 08:58 | 105,65                          |                    | 382,45              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 08:58 | 17/04/2018 08:58 | 102,95                          | 395,27             |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 08:58 | 17/04/2018 08:58 | 121,6                           | 394,89             |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 08:58 | 17/04/2018 08:58 | 112,45                          |                    | 382,73              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 08:58 | 17/04/2018 08:58 | 109,98                          |                    | 382,98              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 08:45 | 17/04/2018 09:00 |                                 |                    |                     | 3,6                  |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:12 | 17/04/2018 09:12 | 112,32                          |                    | 381,38              |                      | 108,895                           | 114,31                            | 112,215                           | 110,555                              | 3,28                 |
| 17/04/2018 09:13 | 17/04/2018 09:13 | 105,47                          |                    | 381,47              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:13 | 17/04/2018 09:13 | 118,55                          | 395,1              |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:13 | 17/04/2018 09:13 | 110,07                          | 395,68             |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:13 | 17/04/2018 09:13 | 116,92                          |                    | 382,64              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:13 | 17/04/2018 09:13 | 107,51                          |                    | 382,54              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:00 | 17/04/2018 09:15 |                                 |                    |                     | 3,28                 |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:27 | 17/04/2018 09:27 | 122,28                          |                    | 381,13              |                      | 128,175                           | 127,875                           | 126,43                            | 127,3025                             | 0,45                 |
| 17/04/2018 09:28 | 17/04/2018 09:28 | 134,07                          |                    | 381,46              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:28 | 17/04/2018 09:28 | 122,77                          | 396,79             |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:28 | 17/04/2018 09:28 | 132,98                          | 396,25             |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:28 | 17/04/2018 09:28 | 128,92                          |                    | 382,36              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:28 | 17/04/2018 09:28 | 123,94                          |                    | 382,92              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:15 | 17/04/2018 09:30 |                                 |                    |                     | 0,45                 |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:42 | 17/04/2018 09:42 | 104,56                          |                    | 382,28              |                      | 104,195                           | 110                               | 105,68                            | 104,9375                             | 4,60                 |
| 17/04/2018 09:43 | 17/04/2018 09:43 | 103,83                          |                    | 382,35              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:43 | 17/04/2018 09:43 | 106,68                          | 396,75             |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:43 | 17/04/2018 09:43 | 113,32                          | 396,93             |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:43 | 17/04/2018 09:43 | 107,51                          |                    | 382,74              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:43 | 17/04/2018 09:43 | 103,85                          |                    | 382,28              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:30 | 17/04/2018 09:45 |                                 |                    |                     | 4,6                  |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:57 | 17/04/2018 09:57 | 114,77                          |                    | 381,38              |                      | 114,465                           | 116,885                           | 113,93                            | 114,1975                             | 2,30                 |
| 17/04/2018 09:58 | 17/04/2018 09:58 | 114,16                          |                    | 381,24              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:58 | 17/04/2018 09:58 | 114,09                          | 396,67             |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:58 | 17/04/2018 09:58 | 119,68                          | 396,42             |                     |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:58 | 17/04/2018 09:58 | 115,12                          |                    | 383,08              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:58 | 17/04/2018 09:58 | 112,74                          |                    | 383,08              |                      |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |
| 17/04/2018 09:45 | 17/04/2018 10:00 |                                 |                    |                     | 2,3                  |                                   |                                   |                                   |                                      |                      |

Allegato al presente documento troverete anche un foglio di calcolo, denominato "Education 3B", nel quale vengono riportati i campioni prelevati in circa nove giorni e all'interno del quale sarà possibile individuare anche i campioni ritenuti non validi per via della significativa variazione di potenza all'interno dei 30 secondi di misura.

Si è però detto che il plus del protocollo di ENEA è proprio l'alta numerosità dei campioni prelevati che consentono di ricostruire, su base statistica, un risultato estremamente affidabile. Nel diagramma a pagina 8 troverete il grafico con la dispersione dei campioni prelevati negli ultimi otto giorni che consente però, appunto su base statistica, di estrarre il dato presente come saving giornaliero in piattaforma.

| Data/ora da      | Data/ora a       | Saving giornaliero (%) [%] |
|------------------|------------------|----------------------------|
| 16/04/2018 00:00 | 17/04/2018 00:00 | 4,51                       |
| 17/04/2018 00:00 | 18/04/2018 00:00 | 4,52                       |
| 18/04/2018 00:00 | 19/04/2018 00:00 | 3,99                       |
| 19/04/2018 00:00 | 20/04/2018 00:00 | 4,24                       |
| 20/04/2018 00:00 | 21/04/2018 00:00 | 4,3                        |
| 21/04/2018 00:00 | 22/04/2018 00:00 | 4,97                       |
| 22/04/2018 00:00 | 23/04/2018 00:00 | 3,78                       |

