

**LE FONTI RINNOVABILI E LA COGENERAZIONE NEL FUTURO MERCATO DELL'ENERGIA
ELETTRICA. RIFLESSI SUI SISTEMI DI TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE**

**22 Gennaio 2002 – Sala del Chiostro – Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma “La Sapienza”
Via Eudossiana, 18 - Roma**

**Modello dinamico di piccola centrale
idroelettrica con generatori mossi da
pompe centrifughe in un impianto di
ravvenamento della falda freatica**

A. Borghetti *, G. Naldi **, C. A. Nucci *, S. Sbarzagli *

Università di Bologna

* DIE – Dip. di Ingegneria Elettrica

** DIEM – Dip. di Ingegneria delle costruzioni meccaniche, nucleari, aeronautiche e di metallurgia

Indice della presentazione

1 Descrizione dell'impianto idroelettrico

- Impianto di ravvenamento della falda acquifera

2 Scelta delle macchine idrauliche

- Pompe sommerse utilizzate come turbine

3 Modello del gruppo di generazione

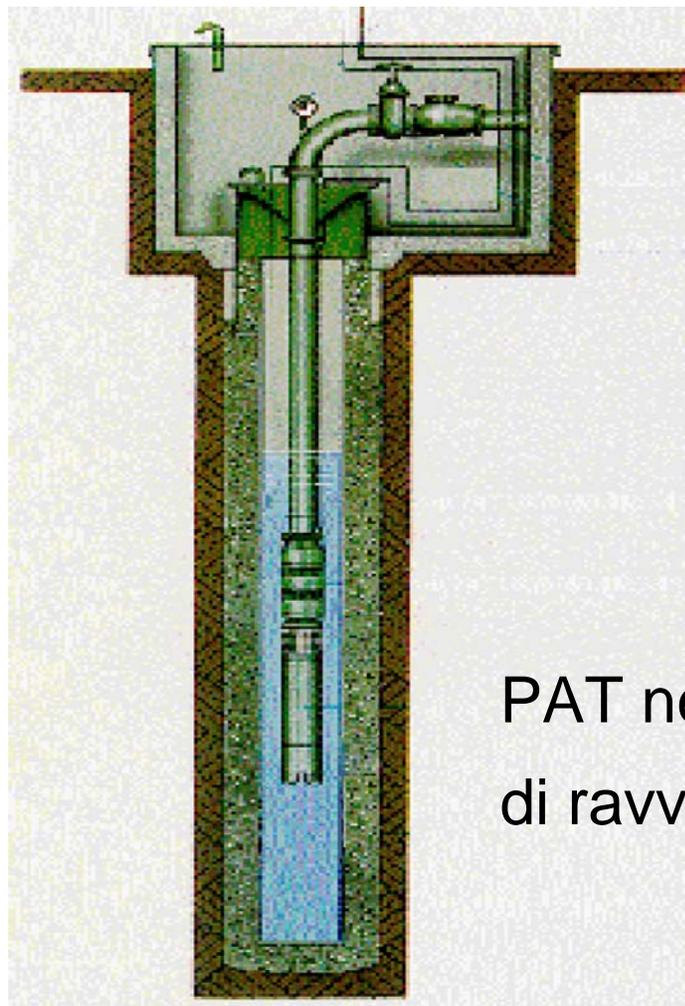
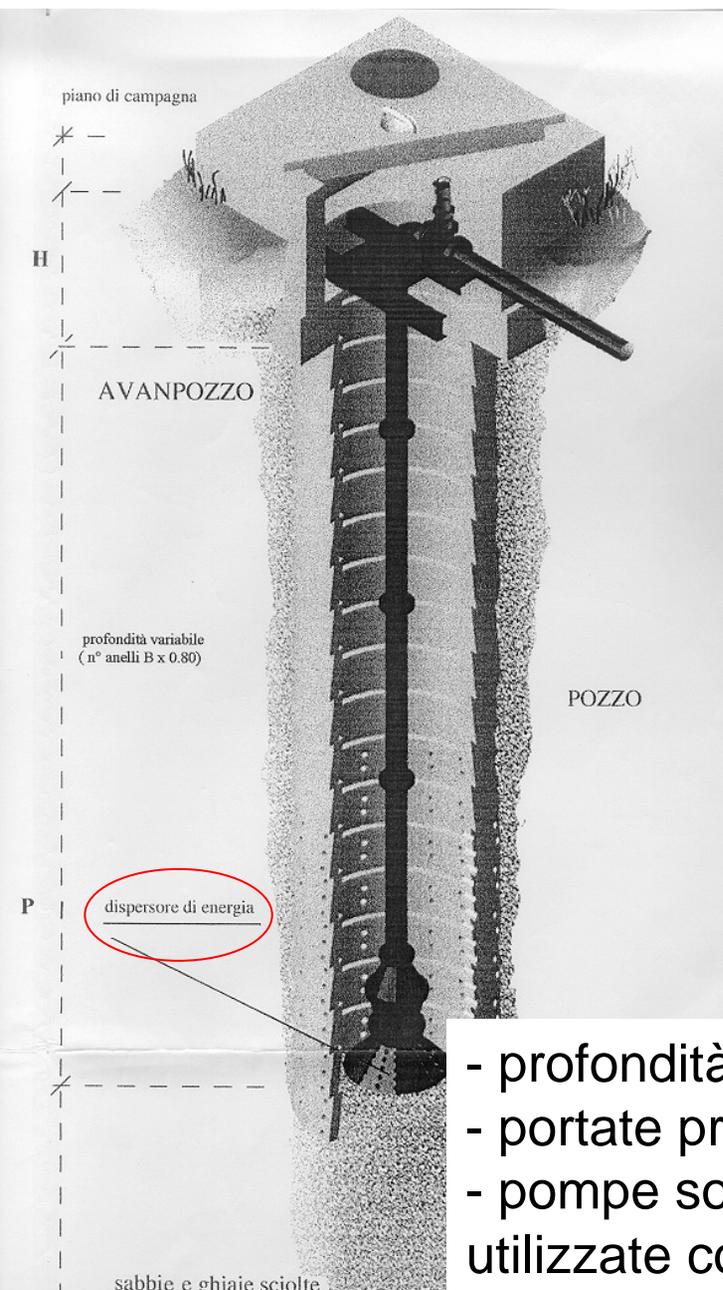
- Approccio seguito
- Implementazione in Matlab - Simulink

4 Simulazioni

- Simulazione di distacco temporaneo dalla rete
- Simulazione dell'avviamento

5 Conclusioni

Impianto di ravvenamento e PAT



- profondità dei pozzi = 10 ÷ 25 m (diametro = 2,8 m)
- portate previste = 0,15 ÷ 0,3 m³/s.
- pompe sommerse con velocità massima = 2900 giri/min
utilizzate come turbine con velocità nominale ≈ 1600 giri/min.

Scelta delle macchine idrauliche

Metodo suggerito da A. Williams

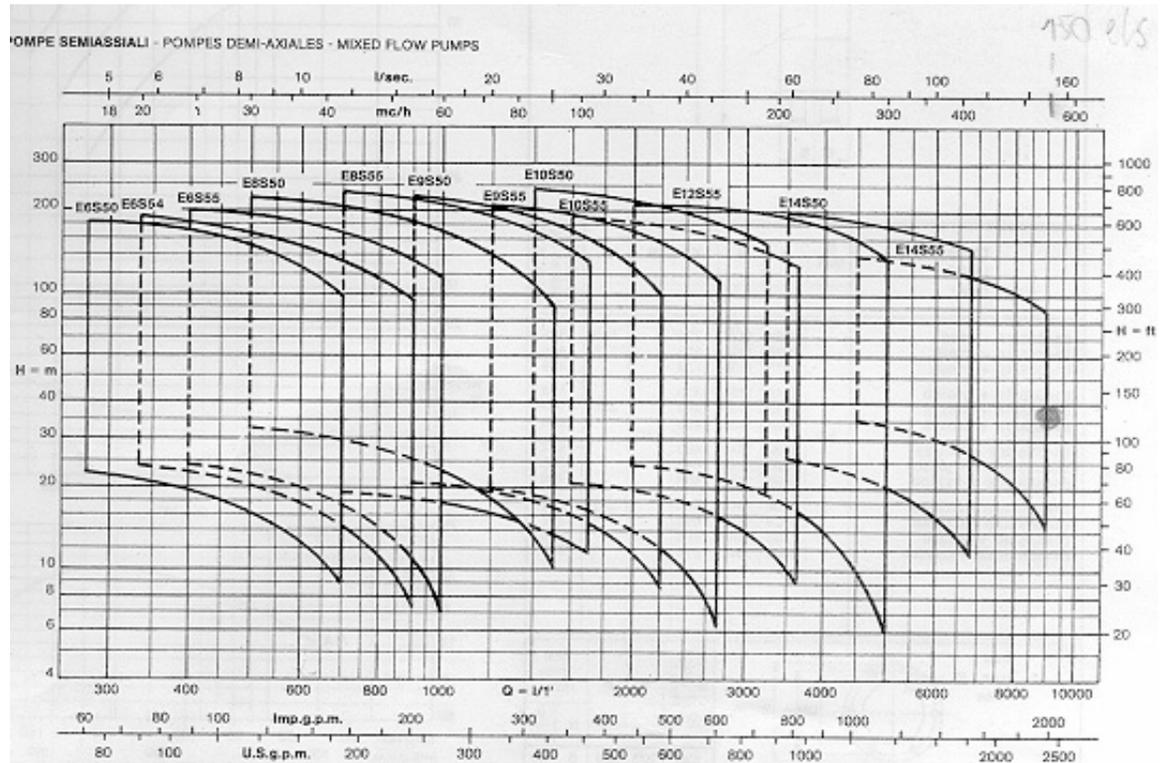
Ipotesi: $\eta_{t_bep} = \eta_{p_bep}$

$$Q_{t_bep} = \frac{n_t}{n_p} \frac{Q_{p_bep}}{\eta_{p_bep}^{0.8}}$$

$$H_{t_bep} = \left(\frac{n_t}{n_p} \right)^2 \frac{H_{p_bep}}{\eta_{p_bep}^{1.2}}$$

Similitudine idraulica:

- Portata Q proporzionale alla velocità n ;
- Salto H proporzionale a n^2 ;
- Potenza P proporzionale a n^3 .



Opportunità di un tubo diffusore sullo scarico

Scelta delle macchine idrauliche

Metodo empirico per pompe Caprari

Ipotesi: $n_t = n_p$

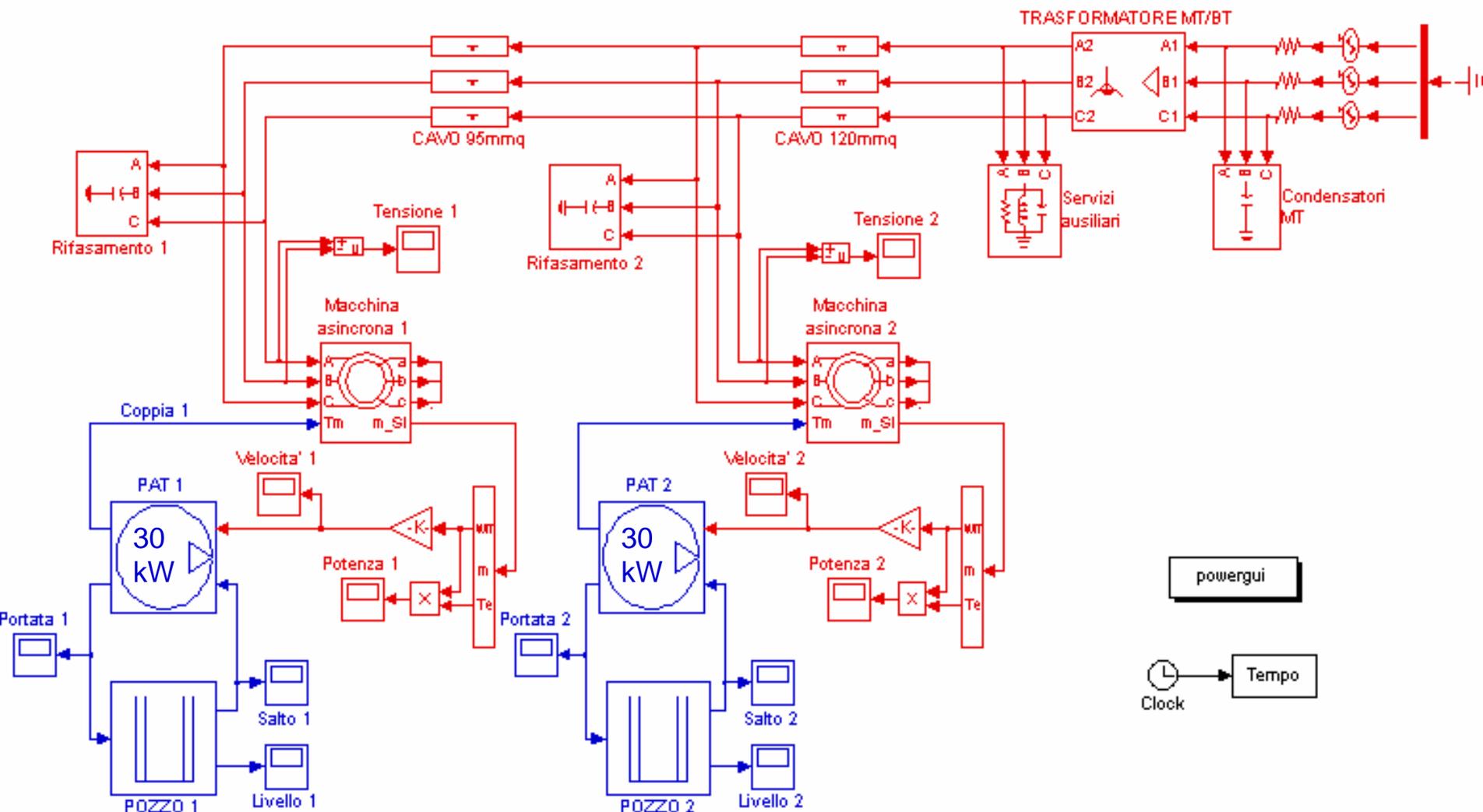
$$n_{q_t} = n_t \cdot Q_{t_bep}^{1/2} / H_{t_bep}^{3/4} \quad n_{q_p} = n_{q_t} / 0,823$$

$$H_{p_bep} = \left(n_p \cdot Q_{p_bep}^{1/2} / n_{q_p} \right)^{4/3} \quad Q_{p_bep} = Q_{t_bep} / 1,5$$

Sono state compiute **prove sperimentali** per verificare l'utilizzo, come turbine, di pompe della Caprari S.p.A, presso il Laboratorio del DIEM. Sono stati eseguiti numerosi rilievi sperimentali su una serie di giranti, per rilevarne il comportamento in turbinaggio. I risultati della sperimentazione sono poi stati confrontati con i dati, forniti dal costruttore, relativi al comportamento della macchina come pompa.

Si è riscontrato che i due metodi di correlazione, sostanzialmente equivalenti, forniscono risultati in buon accordo con quelli sperimentali ottenuti in questo caso.

Modello dinamico dell'impianto



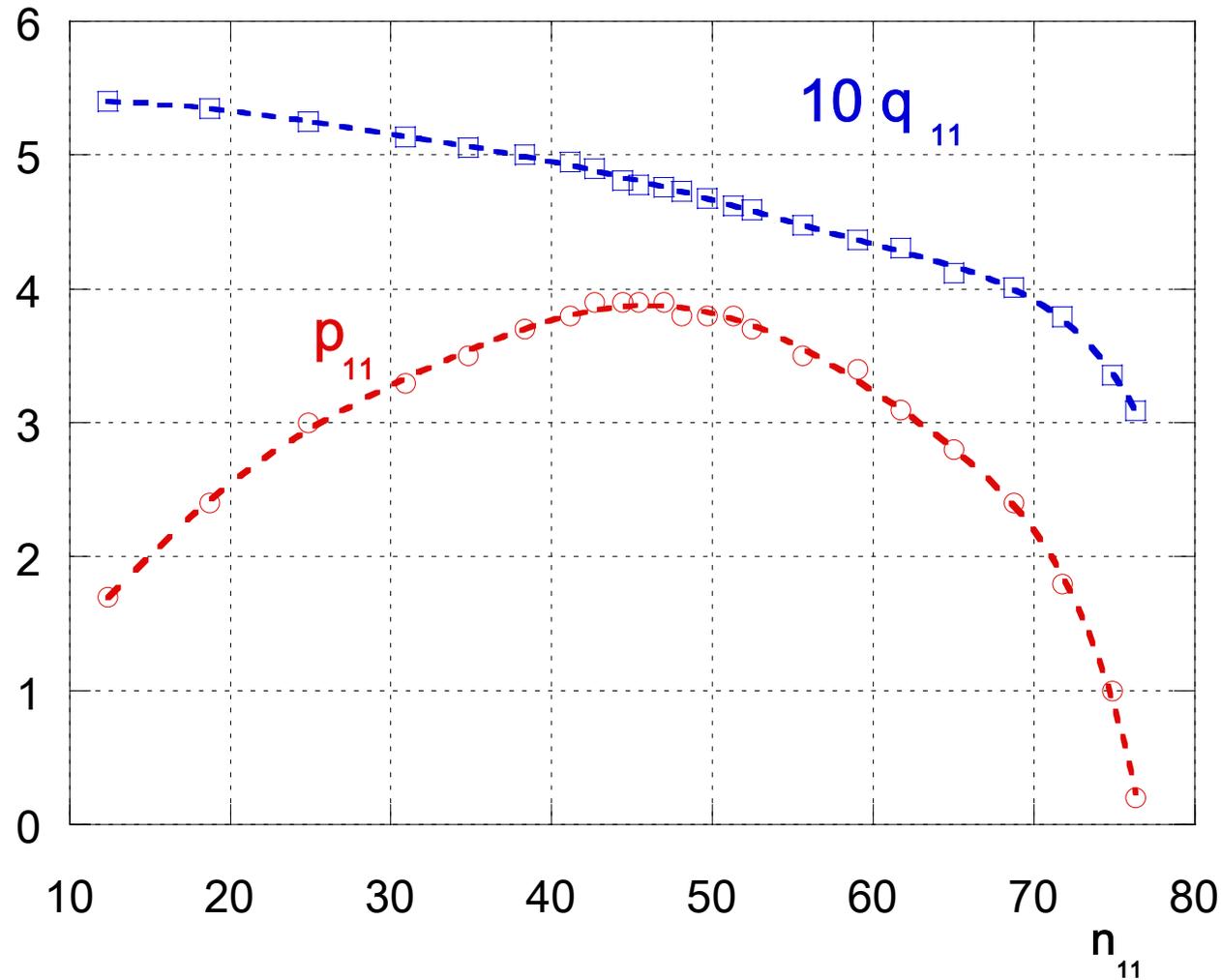
Impianto di ravvenamento in corso di realizzazione nel Comune di Pozzuolo (UD) da parte del Consorzio di Bonifica Ledra-Tagliamento. Con possibilità di connessione alla rete elettrica di distribuzione della centrale di Basiliano.

Modello della PAT

$$n_{11} = n_t D / H_t^{1/2}$$

$$q_{11} = Q_t / (D^2 H_t^{1/2})$$

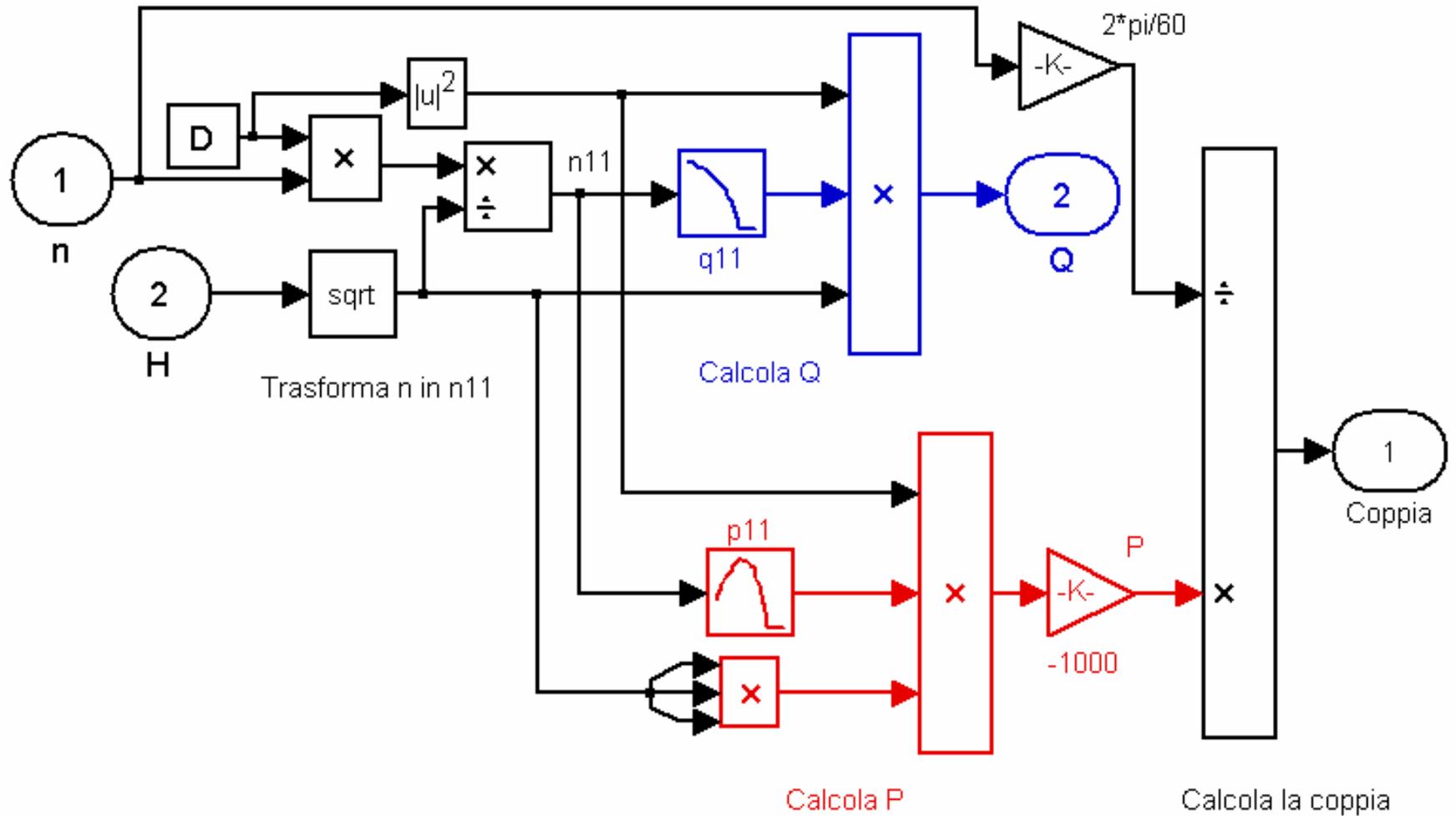
$$p_{11} = P / (D^2 H_t^{3/2})$$



Caratteristiche sperimentali (coordinate ridotte): n_{11} , q_{11} , p_{11}

D in m, P in kW, Q_t in m^3/s , H_t in m, n_t in giri/min.

Modello della PAT



Modello del pozzo

$$H_o - (H_t + H_u) - \frac{L_c}{g \cdot A} \frac{dQ_t}{dt} - K_c Q_t |Q_t| = 0 \quad \text{Tubo di adduzione}$$

$$Q_t - Q_{\text{pozzo}} = \pi \frac{D_{\text{pozzo}}^2}{4} \frac{dH_u}{dt} \quad \text{Riempimento del pozzo}$$

$$Q_{\text{pozzo}} = \frac{s_{\text{pozzo}} \cdot 2\pi BK}{\ln(2R/D_{\text{pozzo}})} \quad \begin{array}{l} \text{Filtrazione} \\ \text{Equazione semplificata} \\ \text{di Dupuit} \end{array}$$

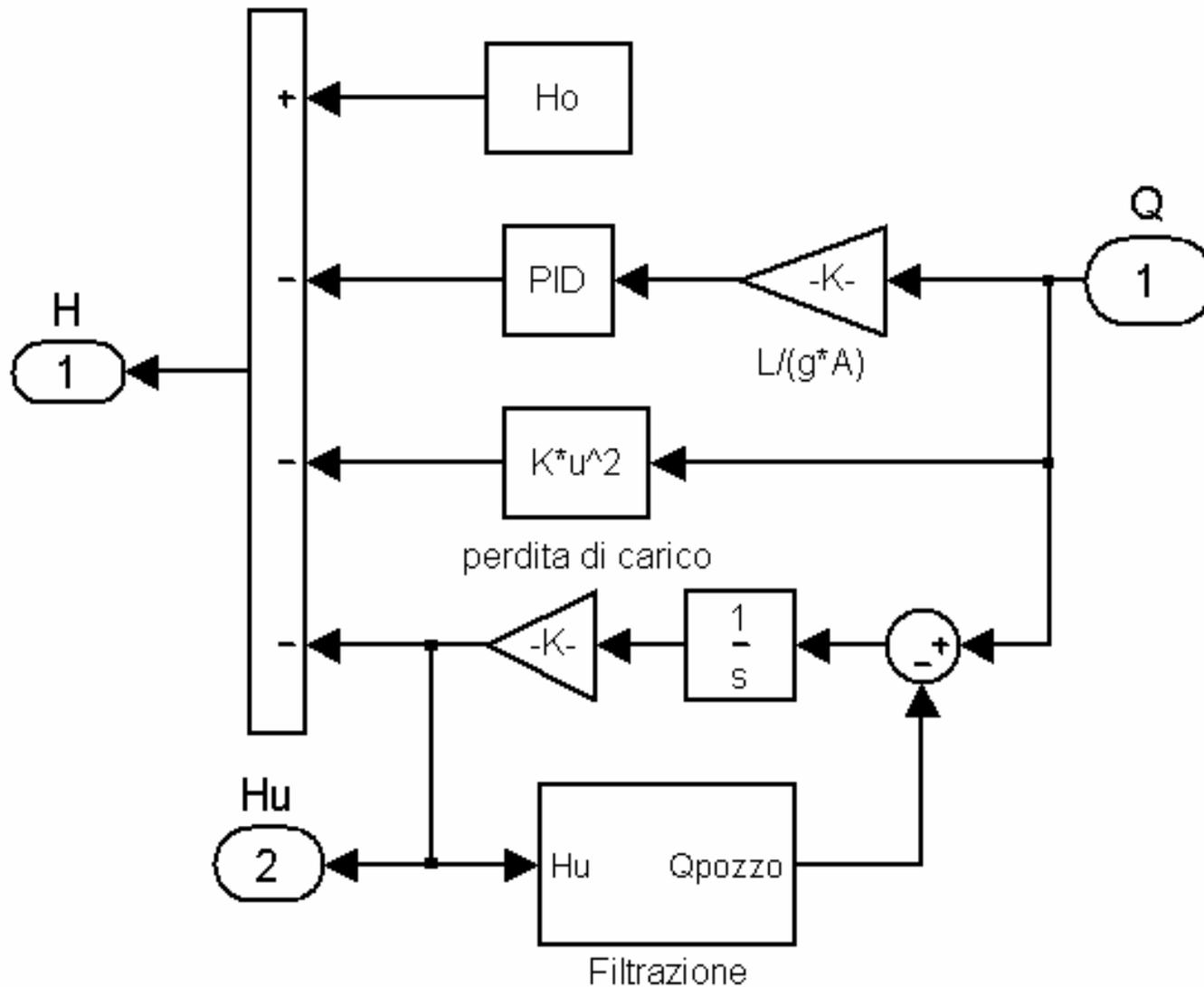
R = raggio di influenza del pozzo

s_{pozzo} = innalzamento misurato tra il livello piezometrico interno al pozzo e il livello al punto R , ove non esiste teoricamente innalzamento

B = spessore dello strato acquifero

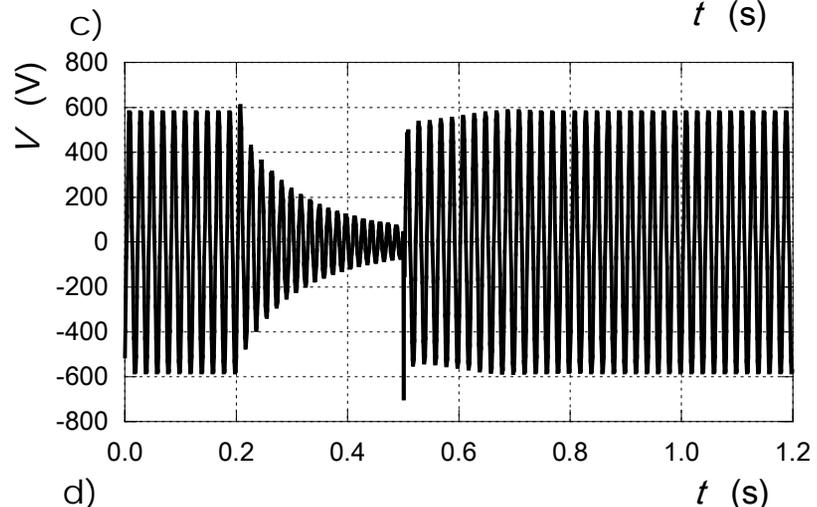
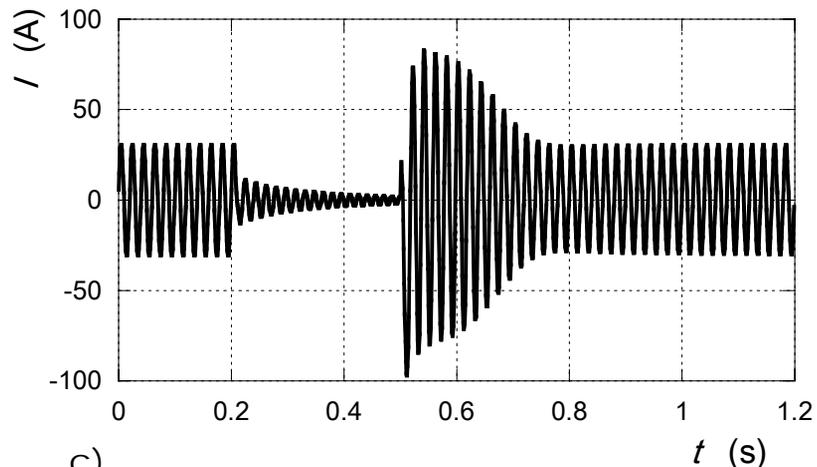
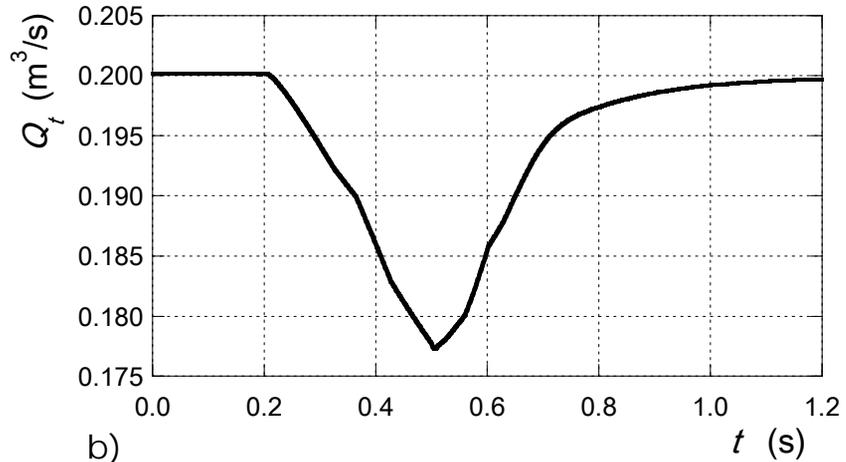
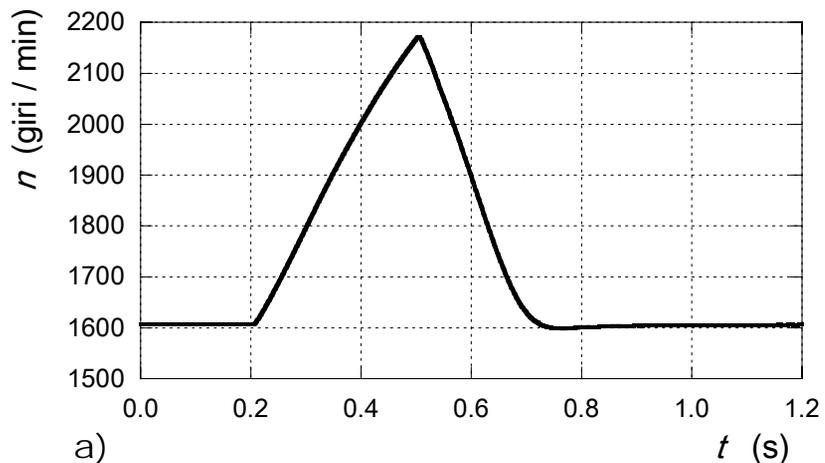
D_{pozzo} = diametro del pozzo

Modello del pozzo



Risultati delle simulazioni

Distacco temporaneo dalla rete

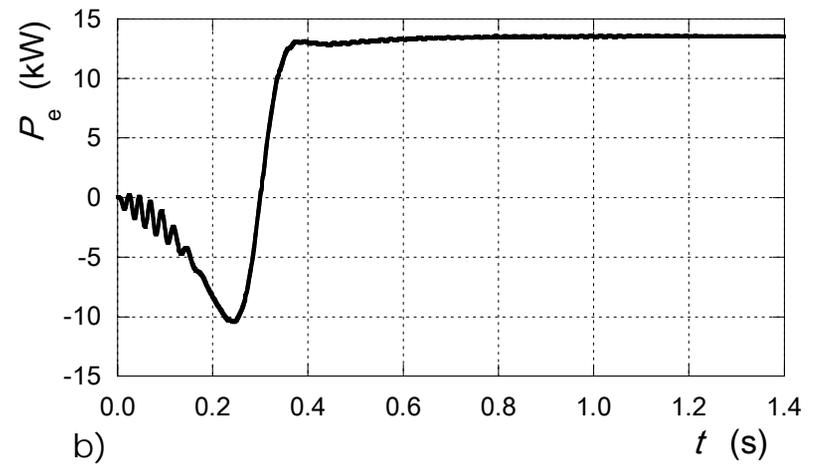
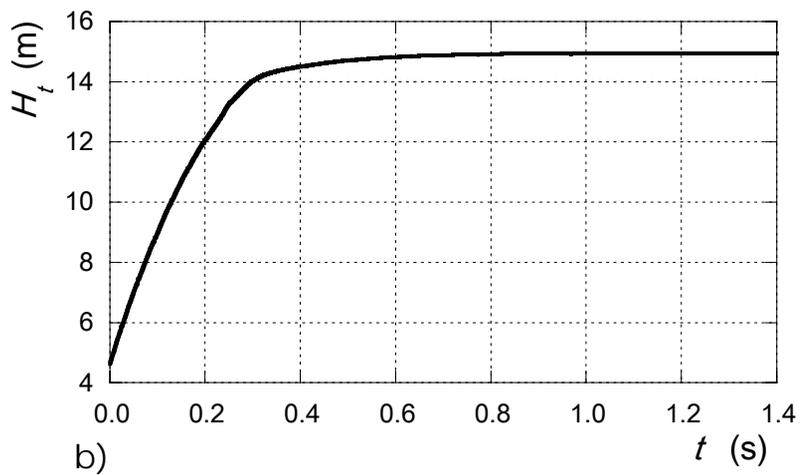
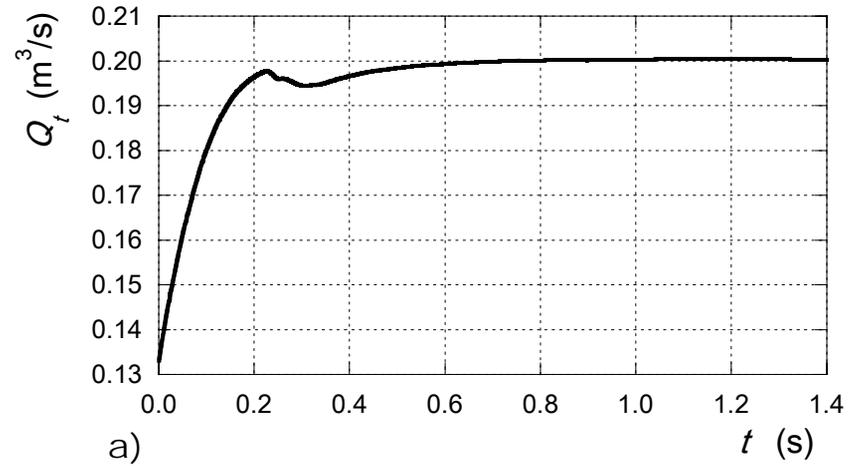
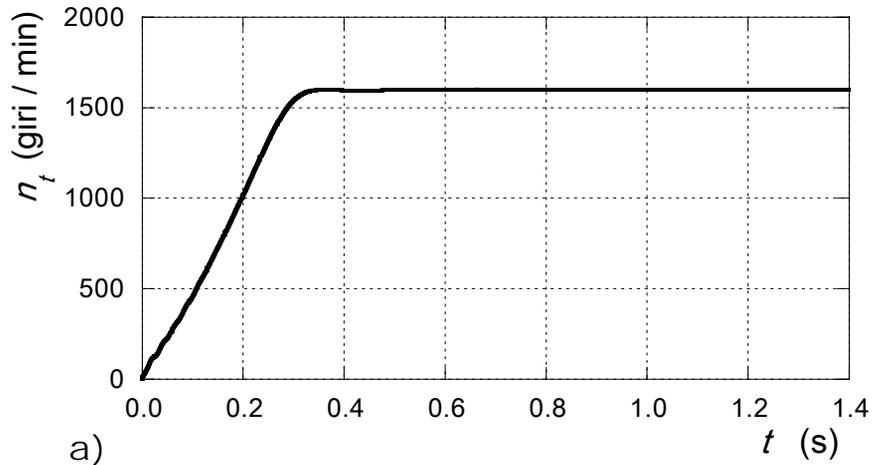


0,2 s - Sconnessione dell'impianto dalla rete.

0,5 s - l'impianto è nuovamente connesso alla rete.

Risultati delle simulazioni

Avviamento



CONCLUSIONI

La memoria riporta i risultati di uno studio sia progettuale sia modellistico mirato a verificare la realizzabilità ed il buon funzionamento di un piccolo impianto di recupero energetico costituito da elettropompe centrifughe sommerse, utilizzate come turbogeneratori e collocate sul fondo di pozzi di ravvenamento della falda freatica, in alternativa all'installazione di dissipatori d'energia.

Si sono determinati i valori di salto e portata per la scelta della pompa più idonea sulla base sia di quanto suggerito dalla letteratura sull'argomento sia di verifiche sperimentali.

Il modello dinamico della piccola centrale idroelettrica che si è sviluppato ha consentito altresì di analizzare il comportamento dell'intero impianto, sia nelle previste condizioni di funzionamento normale, sia in seguito a perturbazioni significative.