**Esercizio 1: Impianti idroelettrici**

 Il problema richiede di formulare un modello di flusso, in cui l’acqua in ogni si conserva nel passaggio da un periodo all’altro, con l’aggiunta di quella proveniente dall’alimentazione naturale e la sottrazione di quella usata per la produzione. Si hanno pertanto tanti nodi nel grafo di flusso quante le coppie (impianto, periodo), ossia 3 x 20 = 60 nodi. Le variabili *Volume(p,d)* indicano la quantità di acqua presente nel bacino *p* al termine del periodo *d*. I vincoli di conservazione del flusso, tutti espressi in metri cubi, sono i seguenti.

* Vincoli sul volume iniziale [mc]

$$Alimentazione\_{p}+Volumeiniziale\_{p}\geq Usata\_{p,1}+Volume\_{p,1} ∀p=1,…,P$$

* Vincoli sul volume finale [mc]

$$Volume\_{p,20}\geq Volumefinale\_{p} ∀p=1,…,P$$

* Vincoli sulla conservazione del flusso [mc]

$$Alimentazione\_{p}+Volume\_{p,d-1}\geq Usata\_{p,d}+Volume\_{p,d} ∀p=1,…,P, ∀d=2,…,D$$

* Vincoli sulla massima quantità di acqua nei bacini [mc]

$$Volume\_{p,d}\leq Capacità\_{p} ∀p=1,…,P ∀d=1,…,D$$

* Vincoli sulla minima quantità di acqua nei bacini [mc]

$$Volume\_{p,d}\geq 0 ∀p=1,…,P ∀d=1,…,D$$

Dalla quantità di acqua usata per la produzione dipende la quantità di energia prodotta da ogni bacino *p* in ogni periodo *d*. Essa, sommata alla quantità eventualmente acquistata, deve bastare a soddisfare il fabbisogno. Si ha quindi:

* Vincoli sul fabbisogno [MWh/g];

$$\sum\_{p=1…P}^{}\frac{Usata\_{p,d}}{γ}+Acquistata\_{d}=Domanda\_{d} ∀d=1,…,D $$

dove $γ$ rappresenta il fattore di conversione dall’acqua misurata in metri cubi all’energia misurata in MWh (pari a 3600 mc consumati per ogni MWh prodotto).

Esistono inoltre dei limiti superiore sia alla quantità di energia che si può produrre sia alla quantità di energia che si può acquistare.

* Vincoli sulla massima produzione giornaliera [MWh/g];

$$\frac{Usata\_{p,d}}{γ}\leq Produzionemassima\_{p} ∀p=1,…,P ∀d=1,…,D$$

* Vincoli sull'acquisto di energia [MWh];

$$Acquistata\_{d}\leq Massimaacquistabile\_{d} ∀d=1,…,D $$

La funzione obiettivo da minimizzare è la somma pesata delle quantità acquistate, ciascuna moltiplicata per il corrispondente costo di acquisto.

$$minimize \sum\_{d=1…D}^{}Costo\_{d}Acquistata\_{d}$$

 Il modello risultante è di programmazione lineare, con variabili continue e non-negative ed è contenuto nel file Lingo IDRO.LG4. La soluzione ottima è nel file Lingo IDRO.LGR.

 La collocazione temporale ottimale per i lavori di manutenzione è in uno dei giorni in cui la produzione dell’impianto nella soluzione ottima è nulla.