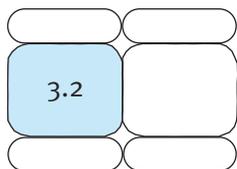




# GREEN SOFTWARE

Giovanna Sissa

Una riflessione approfondita sulla sostenibilità ambientale dell'ICT richiede attenzione anche alle caratteristiche del software, in quanto corresponsabile delle emissioni di CO<sub>2</sub>: i consumi energetici durante il funzionamento di un elaboratore non dipendono solo dalle caratteristiche hardware, ma anche dalla configurazione software e dalla sua efficienza. Alcuni dati offrono spunti di riflessione su come interventi sul software riducano i consumi di energia e su come sia possibile usare più a lungo i PC rispettando l'ambiente, risparmiando e nel contempo proiettandosi nella dimensione del *cloud computing*.



## 1. L'IMPATTO DEL SETTORE ICT SULL'AMBIENTE

Il settore ICT produce il 2% delle emissioni globali di CO<sub>2</sub> [1] e contribuisce così al riscaldamento climatico. Nel 2007, l'impronta complessiva del settore ICT è stata di 830 Mt di emissioni - equivalenti di CO<sub>2</sub> (Figura 1), un contributo analogo a quello del settore aeronautico civile.

Computer, dispositivi elettronici e infrastrutture ICT incidono sull'ambiente in ogni fase del loro ciclo di vita: consumando risorse non rinnovabili e inquinando durante i processi di produzione e trasporto, producendo a fine vita rifiuti difficili da trattare e pericolosi (*e-waste*) [2, 3] e consumando molta energia durante il loro uso. Questa tendenza è in forte crescita, almeno nello scenario attuale (BAU - *Business As Usual*) [1].

Gli effetti dell'ICT si possono classificare come di primo, secondo e terzo ordine [3, 4]. I primi sono quelli diretti, derivanti dalla mera esistenza degli elaboratori e comprendono produzione, uso e smaltimento a fine vita. Gli effetti di secondo ordine discendono dalle

applicazioni dell'ICT e includono l'ottimizzazione dei processi indotta in altri settori (per esempio, sul traffico), gli effetti di sostituzione (per esempio, la teleconferenza che elimina gli spostamenti) e gli effetti indotti, quando l'ICT crea più domanda in altri settori.

Gli effetti del terzo ordine sono relativi ai cambiamenti sociali che l'ICT induce e sono i più difficili da prevedere e quantificare. Comprendono i cambiamenti nei comportamenti derivanti dalla de-materializzazione, gli effetti di rimbalzo e la crescente dipendenza dall'infrastruttura critica ICT.

### 1.1. Un effetto di rimbalzo

Ogni PC in uso produce all'incirca una tonnellata di CO<sub>2</sub> l'anno [5]. La richiesta di energia per alimentare server, computer, monitor, apparecchiature di comunicazione, sistemi di raffreddamento per i *data center* è in crescita.

L'efficienza energetica (in termini di prestazioni per watt) dei processori - grazie a tecniche innovative di progettazione, che vanno da aspetti tecnologici a soluzioni che ottimizzano la gestione dinamica dell'architettura

durante l'esecuzione – è migliorata in modo notevole [6], anche se la densità di potenza è a sua volta aumentata.

D'altro canto la legge di Moore - per cui il numero di componenti per microchip raddoppia ogni 18-24 mesi – non corrisponde alla legge economica del settore ICT: a fronte di una crescita esponenziale di prestazioni per chip abbiamo una crescita doppia delle prestazioni rispetto al costo [3, 6]. Sembra un paradosso, ma il costo dell'hardware decresce più in fretta di quanto aumenti la sua miniaturizzazione. Questo fa aumentare la domanda di servizi ICT e il risultato è che gli enormi miglioramenti nell'efficienza energetica non tengono testa all'aumento della richiesta di uso di computer, internet e cellulari; dunque il saldo netto dei consumi energetici del settore ICT è negativo: la domanda totale di energia dell'hardware installato è in crescita [5].

## 2. GREEN ICT E GREEN SOFTWARE

Il *green computing* prevede che, la progettazione, la costruzione, l'uso e la dismissione di computer, server (e relativi sottosistemi) siano fatte nel rispetto dell'ambiente, tenendo conto dunque dell'intero ciclo di vita del prodotto [7], incluso lo smaltimento e il riciclo. I benefici per l'ambiente discendono dall'uso di materiali ecocompatibili, dall'eliminazione di sostanze pericolose, dalla progettazione orientata all'*upgrade* e alla manutenzione (prevedendo sin dalla fase di design il riuso e riciclo) e, soprattutto, dall'aumento dell'efficienza energetica.

Centrale, ai fini della riduzione delle emissioni di gas serra, è la diminuzione dei consumi di energia.

Il *low power software* - usato da tempo in alcuni settori quali, per esempio, i sistemi *embedded* - si occupa specificamente di progettazione orientata al risparmio energetico, a partire da aspetti di compilazione e programmazione a basso livello (quali per esempio la strutturazione dei dati) per arrivare ai sistemi operativi [27, 28, 29]. La pervasività dell'ICT, presente e futuro, determina un'attenzione alle questioni ambientali in tutti i settori, contrariamente a quanto avveniva prima,

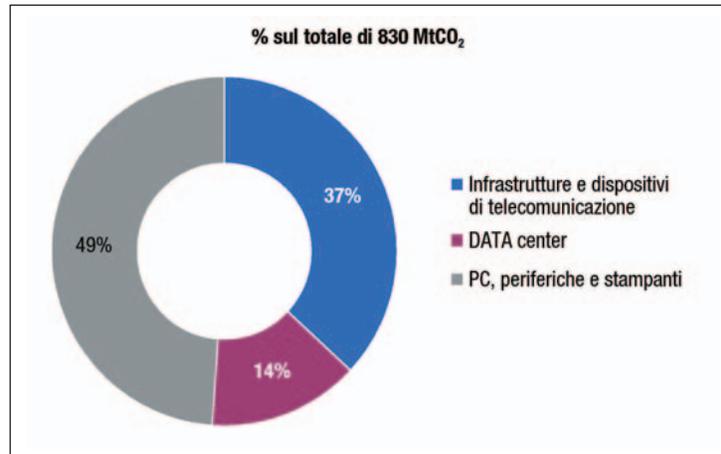


FIGURA 1

Impronta ambientale per settore ICT, 2007 (Fonte: GeSI/The Climate Group: SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age)

quando solo specifici settori si preoccupavano dei consumi energetici.

L'incremento della richiesta di Internet e applicazioni web ha, per esempio, determinato la rapida crescita dei *data center*. Il numero di server è aumentato di sei volte in dieci anni e ogni server consuma più elettricità dei precedenti modelli [5, 8], poiché molto più potente. Una ICT davvero "green" non può essere ottenuta intervenendo solo sull'hardware, come potrebbe sembrare invece guardando all'offerta di mercato del *green computing*. Il software infatti gioca un ruolo molto importante sull'intero ciclo di vita: sia nella fase d'uso, come vedremo in un'intervista che quantificherà i risparmi ottenibili con interventi sull'efficienza, ma anche nella fine vita dei computer. Il ruolo del software nel *green ICT* non è solo monitoraggio e ottimizzazione di risorse, ma può andare oltre, consentendo ad esempio di soddisfare nuove esigenze con le infrastrutture esistenti. Al termine *green software* mi piace dare qui una connotazione più ampia di quella che si trova talvolta in letteratura: diciamo che è "green" quel software che consente all'ICT di essere più attento all'ambiente. Vediamo come, iniziando dai luoghi in cui si concentrano dati e applicazioni: i *data center*.

### 2.1. Come rendere più verdi i data center

In un *data center* l'energia complessiva è usata per il 55% dai sistemi di alimentazione e raffreddamento e per il 45% dal carico IT. Nei server il 70% è consumato dai sistemi di

0

alimentazione, memorie, ventilatori, *planary drive* e solo il 20% del carico dei server è usato per la computazione effettiva, poiché l'80% sono processi *idle* [9].

Per ogni Watt usato effettivamente per il calcolo, il processore consuma 5 W, il server 16 W e il *data center* nel suo insieme 27 W [10].

1

I metodi per migliorare l'efficienza dei *data center* consistono nell'uso di apparecchiature efficienti sul piano energetico, migliorando l'areazione per ridurre le esigenze di raffreddamento, con una progettazione attenta all'ambiente e investendo in software di gestione energetica.

0

Il rapporto fra il consumo elettrico globale del *data center* e quello dei server è indicato come PUE (*Power Usage Effectiveness*) [17]. Se il rapporto del consumo del raffreddamento rispetto al consumo effettivo per il server aumenta, il PUE cresce. Il PUE medio di un *data center* è 2.5 ed è considerato buono se arriva ad essere minore di due. L'ottimo sarebbe 1. Alla base dell'efficienza energetica vi sono soluzioni software: virtualizzazione, efficienza, consolidamento, gestione della potenza dei server.

## 2.2. Virtualizzazione

La virtualizzazione è la prima tecnologia che ha consentito un approccio al *Green ICT* centrato sul software. L'idea è semplice: un *software host* (un programma di controllo) crea un ambiente simulato (la *virtual machine*) per il suo software ospite. Il software ospite, che può essere a sua volta un sistema operativo completo, gira come se fosse installato su una piattaforma hardware *stand-alone*. In questo modo ogni server fisico ospita server virtuali multipli e ciò consente ai *data center* di consolidare la loro infrastruttura, usando così meno elettricità e semplificando i *data center* stessi. La virtualizzazione dei server prevede un'applicazione software che divide un server fisico in più ambienti virtuali. Un miglior utilizzo dei server riduce le necessità di spazio fisico dove allocarli e riduce la richiesta di energia di un *data center* [5].

## 2.3. Il software e l'efficienza energetica

1

0

Sono varie le misure che possono migliorare l'efficienza energetica di un *data center*. La catena causa-effetto inizia con le applicazioni software e continua passando per i dispositivi hardware e l'alimentazione, fino alla progetta-

zione dell'edificio e al sistema di raffreddamento. La considerazione chiave è che tali misure sono tanto più efficaci quanto più prossime all'inizio della catena causa-effetto.

Sembra banale, ma è utile ricordare che se un'applicazione non è più necessaria e il server su cui risiede viene spento, viene usata meno potenza, le perdite nel sistema UPS diminuiscono e di conseguenza anche il carico del sistema di raffreddamento.

Il punto di partenza da affrontare dunque per avere un *data center* efficiente sono i dati e gli applicativi [11]. Accade spesso che, nonostante un terzo delle applicazioni non siano più necessarie, esse continuano ad essere attive su un server [11]. Non è trascurabile quantitativamente l'uso di risorse hardware da parte di applicazioni identiche. Nella guida *Energy Efficiency in Data Centres*, BIT KOM [12] si ipotizza che in molte aziende una parte considerevole di dati consistano in foto, video e file MP3 dei dipendenti – ovvero al di fuori dell'attività dell'azienda. Questo significa che applicazioni e dati devono essere tenuti sotto controllo e quando non più necessari, devono essere eliminati.

## 2.4. De-duplicazione dei Dati

Nel 2006, sono state creati e copiati 161 exabytes ( $161 \times 10^{12}$  bytes) di informazioni digitali. L'equivalente di tre milioni di volte le informazioni contenute in tutti i libri mai scritti. L'equivalente di 12 pile di libri, ognuna alta 93 milioni di miglia - la distanza dalla terra al sole. Nel 2010 tale quantità sarà sei volte più grande [13].

L'idea, ampiamente diffusa negli ultimi decenni, che le risorse di storage dei dati abbiano costi trascurabili, ha creato l'abitudine di duplicare e duplicare i dati, senza considerare le ridondanze inutili.

Si indica come *data de-duplication* l'eliminazione dei dati inutilmente ridondanti. Nel processo di de-duplicazione i dati duplicati più volte sono eliminati in modo da lasciare solo una copia dei dati da memorizzare; l'operazione può arrivare a ridurre lo spazio disco per il *back-up* notevolmente. I livelli di ripristino di servizio sono più alti, gli errori da gestire diminuiscono in media e si rendono disponibili più punti di *recovery* sui media per il *recovery* veloce.

La de-duplicazione dei dati riduce inoltre anche la mole di dati da inviare su WAN per *back-up* remoti, replicazione dati e *disaster recovery*.

### 3. IT MANAGEMENT SOFTWARE

I produttori di hardware continuano a puntare ad una maggior efficienza nei consumi elettrici e nel calore totale prodotto e aumentano la capacità delle tecnologie per server, reti e device. Anche qui il software può giocare un ruolo importante per l'IT management. Nel prendere in considerazione soluzioni "verdi", infatti i responsabili IT si stanno accorgendo che la sostituzione delle attuali risorse hardware con tecnologie più efficienti dal punto di vista energetico comporta spesso costi proibitivi, mentre l'implementazione di software per l'IT management può generare efficienza e risparmi significativi. Nello studio del 2007 dell'EPA (*Environmental Protection Agency*) [14] sui *data center* si osserva che "le tecnologie esistenti e le strategie di progettazione hanno dimostrato come sia possibile ridurre del 25% il consumo energetico di un server". Anche con gli attuali dispositivi IT, realizzare pratiche di miglior *energy management* e il consolidamento da molti server su uno solo può ridurre i consumi di un *data center* del 20%. Vari studi e iniziative sono volte ad introdurre indicazioni, parametri e metriche di valutazione [16, 17]. Un *ICT green* dunque non richiede necessariamente investimenti sostanziali in nuove tecnologie hardware. Per ottimizzare con la virtualizzazione e il consolidamento, le organizzazioni devono essere consapevoli del corrente stato di utilizzazione e delle dipendenze associate. La britannica *National Energy Foundation* [18] stima che l'implementazione di *power management software* abbia la potenzialità di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> in UK di 140,000 t l'anno mettendo, da remoto, gli apparati in *sleep mode* e attivandoli quando necessario. L'*IT management software* può fare dunque un miglior uso delle risorse disponibili e non rispondere alla necessità di porre attenzione all'ambiente con la sola acquisizione di nuovo hardware. Il ruolo del software, più in generale, non si limita a questo.

#### 3.1. I risparmi energetici ottenibili con miglioramenti sul software

Nell'intervista presentata nel riquadro a p. 50, l'Ing. Castelli fornisce esempi concreti di casi in cui interventi software sulle architetture dei dati o sulle caratteristiche dei database hanno consentito riduzioni estremamente consi-

stenti nei consumi energetici. Evidenzia anche, in accordo con quanto detto nei paragrafi precedenti, che gli interventi sono tanto più efficaci quanto più si interviene alla base della catena causa-effetto.

La produzione di CO<sub>2</sub> nelle grandi organizzazioni discende anche dalla quantità di semplici operazioni, come le interrogazioni ai database: migliorando l'accesso a una vista dello statino di un dipendente in una organizzazione che ne ha decine di migliaia, la potenza dissipata si riduce di oltre 300 volte. I risparmi ottenibili intervenendo proprio sull'efficienza software sono impressionanti, come i dati forniti sempre dall'Ing. Castelli e relativi all'esperienza di ENI (Tabella 1) dimostrano.

### 4. RIDUZIONE DEL CONSUMO DEI PC

Abbiamo visto come interventi sul software nei *data center* permettano consistenti risparmi energetici e riduzioni di emissioni. Certamente però la porzione più rilevante degli 830 Mt di CO<sub>2</sub> prodotti complessivamente dal settore ICT (Figura 1) dipende da PC e periferiche. A questo settore dunque va dedicata l'attenzione.

Il numero di PC in uso è così elevato che qualunque intervento atto a ridurre i consumi energetici induce risparmi enormi; come noto il numero di computer venduti nel mondo ha da tempo superato il miliardo e questo importo sta per raddoppiare. Si possono realizzare grandi risparmi con piccoli accorgimenti, come abilitare le funzioni di *power management*. Senza sacrificare alcuna funzionalità è possibile programmare i PC in modo tale che quando non sono usati siano in stato *energy-saving*.

La *US Environmental Protection Agency* (EPA) stima che lo *sleep mode* possa consentire risparmi nei consumi energetici del 60-70% [14, 19].

Questo per quanto riguarda l'aspetto quantitativo dei consumi dell'informatica individuale tradizionale. Ma in prospettiva va tenuto presente anche come sta cambiando il modo di usare il PC da parte sia di utenti *simple user* che utenti *power user*. Sempre di più l'uso di servizi web rende il *browser* lo strumento di lavoro, che funge da interfaccia unica per accedere a servizi, applicazioni o dati

## INTERVISTA A GIANLUIGI CASTELLI V. President - Direzione Information & Communication Technology, ENI

***In un recente evento lei ha parlato dei consistenti risparmi energetici realizzati da ENI nei suoi data center a fronte di interventi sul software. Può descriverci come avete identificato le applicazioni interne e quali erano?***

L'attenzione si è rivolta alle applicazioni in corso di realizzazione o prossime a essere messe in esercizio, poiché chiaramente è molto meno oneroso intervenire in fase di progettazione/affinamento che non su applicazioni ormai consolidate. Poiché abbiamo recentemente introdotto una fase di performance test per tutte le nuove applicazioni abbiamo potuto raccogliere dati molto interessanti nella fase di pre-produzione. È qui che sono emerse le aree di miglioramento, principalmente legate a cattive architetture di dati o a cattivo uso delle caratteristiche dei DB. Stupefacente è il risultato ottenuto intervenendo solo su queste aree: in molti casi con miglioramento prestazionale di 3 o anche 4 ordini di grandezza. Ciò non toglie che molto di più si potrebbe fare se si riflettesse di più sull'inefficienza intrinseca di certi ambienti di sviluppo o linguaggi che adottano intensivamente l'interpretazione. Ma vorrebbe dire porsi al di fuori del mainstream delle soluzioni commerciali e degli ambienti di programmazione.

***Avete quantificato i risparmi nei consumi energetici ottenuti a fronte degli interventi sul software?***

È molto difficile quantificarli nella realtà poiché molto dipende dall'intensità di utilizzo che a sua volta dipende da abitudini, errori umani, cicli e ricicli determinati dai processi adottati. In assenza di strumenti di monitoraggio, di cui oggi non disponiamo, anche la determinazione di un "consumo specifico" del software non è possibile. Inoltre spesso il dimensionamento dell'hardware è stato fatto accettando le prestazioni esistenti del software, dunque è spesso sovrabbondante, ma la potenza in eccesso non è immediatamente riutilizzabile. Però, che il software possa rappresentare il vero elemento di efficienza, quindi di riduzione dei consumi, è indubbio. Il software sta all'hardware come il pittore sta al pennello. Ma, almeno per il momento, è più facile, quindi anche più economico, comprare dei pennelli nuovi, piuttosto che dei pittori migliori. Ma le cose sono destinate a cambiare: le soluzioni di *cloud computing* implementate da Google sono l'esempio di come il software debba essere il vero elemento di efficienza. Credo che si potrà diffondere un'attenzione diversa all'efficienza del software. Certo siamo condizionati da molti anni di consuetudine nel sopprimere con potenza hardware a software non performante. Ciò ha creato una cultura negativa che sarà difficile sradicare.

***Gli interventi sono stati molto onerosi per l'azienda?***

No, per le ragioni descritte in precedenza, ovvero la fase progettuale in cui siamo intervenuti. Sono però fermamente convinto che sia necessario investire molto per migliorare la cultura e la competenza tecnica che si è persa nell'ultimo decennio.

***Secondo lei quali sono gli aspetti del software su cui è più produttivo intervenire per ridurre i consumi energetici ed in genere l'impatto ambientale?***

Non c'è una ricetta che vada bene per tutto. Nel software applicativo di una grande azienda sono gli approcci architetturali e strutturali dove si potrebbe fare molto: multiplexing, multi threading, linguaggi efficienti, DB orizzontali. Ma servirebbe avere un numero sufficiente di pittori. Nel medio lungo periodo il *cloud computing* potrà essere il drive dell'efficienza.

***Lei pensa che l'esigenza di riduzione dei consumi energetici nei data center continuerà, anche oltre l'attuale crisi economica?***

Penso che quello che è avvenuto e sta avvenendo intorno ai *Data Center*, non possa essere catalogato come "riduzione dei consumi". Si trattava di spreco: i consumi accessori dei *Data Center* si sono ridotti a circa un decimo nel giro di pochi anni. Nei prossimi anni l'attenzione dovrà spostarsi all'interno del computer (efficienza dei trasformatori, sistemi integrati di raffreddamento, ventilazione forzata ecc. ecc.) mentre per i *Data Center* la vera sfida sarà quella di passare dal "risparmio" al "recupero" energetico, per la precisione del recupero del calore prodotto dai computer stessi. In altri termini la sfida sarà di arrivare ad un PUE inferiore ad 1.

***Pensa che si stiano definendo delle professionalità informatiche orientate a questi aspetti? Quali sono? Sono fra quelle già esistenti o se ne definiranno di nuove?***

I progettisti di *Data Center* hanno sempre pensato che degli stupidissimi computer venissero inseriti in complesse opere di ingegneria. Ovviamente è vero il contrario. Un *Data Center* ha, al massimo, qualche kW al m<sup>3</sup>. Le CPU hanno densità di energia di GW al m<sup>3</sup>. Un *Data Center* è fatto da decine di elementi il software da milioni di istruzioni. Insomma la complessità sta nell'informatica e gli informatici diventeranno i gestori dell'infrastruttura integrata rappresentata dal connubio Software, Hardware, *Data Center*. Da qui lo sviluppo di qualche nuova professionalità.

remoti. Uno per tutti vale l'esempio della *webmail*. Stiamo passando dall'era in cui era indispensabile installare un applicativo in locale per poterlo utilizzare (o quantomeno installare il *software client* per applicazioni su

Internet) ad un modo di lavorare in cui per accedere a servizi web di ogni tipo è sufficiente disporre di un account personale. Sul fronte dell'uso dell'ICT individuale assistiamo a due fenomeni principali. Uno è la diffusione dei

dispositivi mobili, con le relative esigenze di disporre di *device* sempre più performanti. L'altro consiste nella criticità dell'infrastruttura di comunicazione, che nessuna organizzazione può permettersi di eludere. Senza la disponibilità di accesso a banda larga si aprono infatti rischi di divario digitale. Tenere conto di quest'ultima considerazione, ovvero che siamo e saremo *always on*, può dare utili indicazioni. E un vecchio concetto dell'informatica, quello di *thin client*, può ritornare alla ribalta nel delineare scenari futuri che siano più ecocompatibili.

#### 4.1. Thin-client

"Thin" è un aggettivo della lingua inglese che significa magro, sottile. Il "*thin client*" realizza il disaccoppiamento tra l'interfaccia utente e le risorse di computazione; separando le funzioni di Input/Output dal calcolo vero e proprio e "remotizzandole" si rende il sistema a disposizione dell'utente estremamente leggero, essenziale, indipendente dalla piattaforma di calcolo e senza necessità di manutenzione.

Il calcolo e le risorse necessarie ad esso invece sono posizionate sul *terminal server*, quindi saranno centralizzate e facilmente manutenibili dall'amministratore di sistema [2].

Il *thin client* è un computer che dipende per tutte le attività di elaborazione da un *terminal server*. Come *thin client* si possono utilizzare dispositivi *ad hoc* (progettati dunque per fungere da terminali), oppure dei PC con hardware poco potente. I benefici ambientali derivanti dalla sostituzione di PC desktop con *thin client* sono molteplici. I dispositivi hardware *thin client* consentono un risparmio di energia elettrica almeno del 50%. Un dispositivo [20] di nuova generazione ha una potenza di 5-30 W, contro i 150 W di un *desktop tower*.

Il *thin client* consente all'utente di effettuare le operazioni di Input/Output con il server (e ridotte elaborazioni locali). Inoltre consente all'utente di mantenere il necessario e voluto controllo sul suo "*virtual desktop*" e sul suo accesso personale. Rappresentano l'alternativa per compagnie, organizzazioni o istituzioni che abbiano un consistente parco installato di desktop. Non è, come evidente, valida per le organizzazioni che prevedono

Statini paga - Valori per dipendente (circa 35.000)		
10,53 kWh di energia l'anno 6 kg di CO <sub>2</sub> l'anno 1,2 € costo dell'energia l'anno		
Ottimizzazione Software	Prima	Dopo
Accesso a una vista (tempo)	3.5 s	0,01 s
Accesso a una vista (#buffer)	≈223.000	163
Rapporto di potenza < 1/350		
Arricchimento dati cliente ( 1.800.000 clienti) ≈930.000.000 linee di codice da gestire		
Ottimizzazione Software	Prima	Dopo
Elapsed time	200 h	55 m
Rapporto di Potenza < 1/218		
Ricerca dati cliente		
Ottimizzazione Software	Prima	Dopo
Ricerca	6,62 s	0,01 s
Ricerca per codice	14,49 s	0,01 s
Ricerca per nome della ditta	18,26 s	0,05 s
Ricerca per nome utente	2,38 s	0,01 s
1/1449 < Rapporto di Potenza < 1/238		

**TABELLA 1**

Riduzione dei consumi energetici ottenuta mediante interventi sul software

uso di *laptop* o altri dispositivi mobili, ma l'universo di situazioni in cui si opera su postazioni fissa resta enorme.

Oltre ai vantaggi ambientali, presentano notevoli vantaggi organizzativi, per esempio nelle scuole, come quello di alleggerire enormemente la gestione delle aule informatiche e del parco *desktop* poiché la manutenzione avviene solo sul *terminal server* [2, 20].

Il *Borderstep Institute for Innovation and Sustainability* ha calcolato che nelle scuole tedesche, in uno scenario in cui si preveda di aumentare la consistenza del parco macchine del 6.7% rispetto all'attuale, se invece di usare solo *desktop* ci fossero il 22% di *notebook*, il 12% di *thin client* e il 7% di computer appliance, il risparmio energetico sarebbe di 178 GWh [20].

Molti *thin client* servono solo per far girare un *browser* o un software di *remote desktop*; tutta l'elaborazione avviene sul server. Quello di *thin client* è un concetto software, per questo si possono usare anche dei PC obsoleti come

*thin client*, come vedremo. Ma prima di affrontare il tema del riuso, vediamo se esiste una relazione fra obsolescenza dei computer e software.

#### 4.2. E-waste e SIHO

La pervasività dell'ICT è in aumento e il ciclo di vita di molti dispositivi è sempre più breve. L'UNEP (*United Nations Environment Program*) stima che ci siano fra i 20 e i 50 milioni di tonnellate l'anno di rifiuti elettronici [21] e che la tendenza sia in crescita.

Il ciclo di vita effettivo di un computer non coincide con il ciclo di vita potenziale dell'hardware, che è ben più lungo. Va considerato infatti anche il software: il ciclo di vita del software non è regolato dalle stesse leggi che regolano il TCO (*Total Cost of Ownership*) dell'hardware, quali rotture di pezzi e sostituzioni di parti [22]. Dipende piuttosto da un numero di fattori correlati fra loro, principalmente la disponibilità del prodotto, del supporto, le funzionalità e le specifiche dell'hardware. Nel caso di software proprietario il ciclo di vita si identifica con il periodo durante il quale il produttore vende e supporta il suo prodotto. In genere i prodotti proprietari sono tolti dai canali di vendita prima che il supporto sia disattivato.

Se il software contribuisse a far raggiungere all'hardware il suo punto ideale di richiesta di potenza in proporzione al carico ci sarebbe un'ottimizzazione nella fase di uso.

Se una nuova versione di software richiede hardware più capace, questo aumenta la richiesta riducendo la durata della fase d'uso dell'hardware. Tale effetto è definito "obsolescenza indotta" (*Software Induced Hardware Obsolescence* - SIHO) [23]. Questo è un altro effetto di rimbalzo [2, 23]. Se il software proprietario è funzionale ad una logica di mercato push per l'hardware, il lato pull della domanda può favorire logiche di riuso.

Si può pensare a come usare più a lungo i computer, ma non secondo la logica tradizionale, propria del *refurbishing* che è mutuata dal settore dell'automobile - dove si attribuisce valore residui ai componenti, visti come potenziali pezzi di ricambio. E neanche vendendoli come dispositivi di seconda mano, destinati a sostituire equivalenti nuovi prodotti presso utenti di categorie deboli - tipi-

camente nel terzo mondo o paesi in via di sviluppo. Sistemi di seconda mano, che possono essere solo una fotocopia sfuocata di quelli di nuova generazione.

Si tratta invece di ripensare le modalità di riuso, in modo che sia sostenibile anche sul piano sociale, non fornendo dunque agli utenti finali l'impressione di usare computer di seconda mano. Si può fare basandosi proprio sul paradigma più nuovo, il *cloud computing*. Ancora una volta si tratta di software, di conoscenza e skill professionali.

#### 4.3. Il Green Data Cloud

Il *cloud computing* è una delle stelle nascenti del firmamento ICT: la "nuvola" è infatti una metafora di Internet. È uno stile di computazione in cui il software è fornito come un servizio, consentendo all'utente di accedervi senza necessità di specifico *know-how* e soprattutto senza la necessità di avere un controllo diretto sulle infrastrutture di supporto.

Come è accaduto per la virtualizzazione anni orsono, il *cloud computing* sta manifestando delle intrinseche potenzialità *green*.

Avere allocato su server remoti e virtualizzati i servizi, diminuisce la necessità di gestire infrastrutture fisiche e dunque anche l'impatto ambientale delle aziende o organizzazioni che scelgono il modello SaaS (*Software as a Service*), piuttosto che PaaS (*Platform as a Service*) o IaaS (*Infrastructure as a Service*) [30].

Analogamente l'uso di *thin client* nelle organizzazioni riduce la necessità di *desktop* di *front end* fornendo agli utenti la possibilità, a basso impatto ambientale, di accedere al proprio *virtual desktop* [25]. Un esempio di tale soluzione è stato sperimentato in alcune scuole [2, 26] italiane dove, a differenza di quanto indicato nel modello proposto per le scuole tedesche [25] i *thin client* non erano dispositivi specifici di nuova generazione, ma PC obsoleti riusati come *thin client*. Il riuso di PC obsoleti come *thin client* non conduce certo ai risparmi energetici che gli specifici dispositivi di ultima generazione consentono [18, 11], però questa soluzione permette di prolungare anche del 100% il ciclo di vita di PC, riducendo dunque la quantità di *e-waste* da smaltire [2, 26].

Possiamo dire che il *cloud computing* contri-

buisce a ridurre in vari modi le emissioni di CO<sub>2</sub>. Questo ci riporta al concetto base che sono le scelte software soggiacenti a orientare in un'ottica green i sistemi ICT.

Va detto, per completezza che la remotizzazione diminuisce, ma non azzerava le emissioni di CO<sub>2</sub>. Evidentemente è necessario calcolare anche l'impatto, ancorché di entità minima, degli accessi a Internet. Secondo la stessa google, una query produce 0.2 g di CO<sub>2</sub>, ma l'uso di un *laptop* per un'ora ne produce 20 g, l'uso di un PC con monitor per un'ora 75 g. Una copia fisica di quotidiano invece ne produce 173 g, mentre andare da Parigi a Ginevra in TGV 13 kg e 56 kg in aereo (Economy Class) [24].

## 5. CONCLUSIONI

Ridurre l'impatto dell'ICT richiede skill nuovi, che coniughino competenze ICT e competenze ambientali. Non solo, l'uso di applicazioni ICT richiede anche la consapevolezza dell'impatto ambientale dei comportamenti dei singoli. Questo necessita di accrescere la conoscenza diffusa relativa all'impatto che l'ICT ha sull'ambiente e di supportare lo sviluppo di nuove professionalità, di una nuova cultura tecnologico - informatica attenta all'ambiente e di una generale consapevolezza.

Se gli informatici lavorano in un'ottica verde, operano alla base della catena di causa effetto e, come l'esperienza di Eni indica, possono svolgere un ruolo fondamentale nell'abbattimento delle emissioni.

Gli sviluppatori software devono essere consapevoli che basarsi sulla disponibilità di hardware sempre più economico da parte degli utenti finali è ambientalmente costoso, perché accresce la richiesta permanente di hardware. Andrebbe dunque evitata l'obsolescenza indotta dal software [2, 3, 23, 26].

Sembra pertinente ricordare una indicazione base dell'informatica: cercare di far fronte alla varietà delle esigenze degli utenti con chiarezza concettuale, basandosi su un insieme finito di concetti e principi ben-definiti. Se le funzionalità software fossero presentate con uno stile "assiomatico" invece che con uno stile additivo, ovvero con attenzione alla coerenza complessiva dei sistemi in cui si introducono, la loro complessità sarebbe meglio gestibile. Concludo ricordando una rego-

la aurea dell'informatica: *Avoid unmastered complexity* (E. W. Dijkstra).

## Bibliografia

- [1] The Climate Group and GeSi (Global e-sustainability Initiative): *Smart 2020: Enabling the low carbon economy in the information age*.
- [2] Sissa G.: *Il computer sostenibile*. Ed. Franco Angeli, 2008.
- [3] Hilty Lorenz M.: *Environmental impact of ICT- A conceptual framework and some strategic recommendations*. OECD workshop on ICT and environmental challenges, Copenhagen, 20-22 May 2008. <http://www.oecd.org/dataoecd/42/13/40833380.pdf>
- [4] Hilty L.M., et al.: *The precautionary principle in the information society – effects of pervasive computing on health and environment*. Second Revised Edition. Edited by the Swiss Center for Technology Assessment (TA-SWISS), Bern, Switzerland (TA46e/2005) and the Scientific Technology Options Assessment at the European Parliament (STOA 125 EN), 2005.
- [5] Murugesan S.: *Harnessing Green IT: Principles and Practices*. *IT Professional*, Vol. 10, n. 1, 2008, p. 24-33.
- [6] Mattern F.: *Die technische Basis für das Internet der Dinge*. In: Fleisch E., Mattern F. (Hrsg.): *Das Internet der Dinge*. Springer, 2005, p. 39-66.
- [7] Williams J., Curtis L.: *Green: The New Computing Coat of Arms*. *IT Professional*, Vol. 10, n. 1, 2008, p. 12-16.
- [8] Restorick T.: *An Inefficient Truth*. Global Action Plan Report, 2007. [www.globalactionplan.org.uk/research.aspx](http://www.globalactionplan.org.uk/research.aspx)
- [9] Ebbers M., Galea A. Schaefer M., Tu Duy Khiem M.: *The Green Data Center: Steps for the Journey*. IBM Redpaper [ibm.com/redbooks](http://ibm.com/redbooks)
- [10] Renzi F.: *L'innovazione che fa la differenza- la strategia IBM e la tecnologia a supporto della flessibilità d'impresa e dei risparmi energetici*. ForumPA 2008.
- [11] Fichter Klaus, Clausen Jens, Eimertenbrink Maik: *Borderstep Institute for Innovation and Sustainability, Energy-Efficient Data Centres Best-Practice Examples from Europe, the USA and Asia*, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU)
- [12] BITKOM: *Energy efficiency in the data centre. A guide for the planning, the modernisation and the operation of data centres*. 2008 [www.bitkom.org](http://www.bitkom.org).
- [13] Gantz et al John F.: *IDC – EMC2 White paper, The Expanding Digital Universe*. Marzo 2007.

