

Energie rinnovabili per i Data Center nelle Smart Cities

Negli ultimi due anni i partner del progetto europeo DC4Cities hanno collaborato per adattare al paradigma delle Smart Cities il consumo energetico di vecchi e nuovi Data Centre. Il progetto DC4Cities ha promosso il ruolo dei Data Centre come entità “eco-friendly”, adattandone l’operatività e ottimizzandone i consumi di energia elettrica in base alla disponibilità di energie rinnovabili, senza imporre modifiche alla logistica e senza sacrificare la qualità dei servizi erogati

DOI 10.12910/EAI2016-028

di **Marta Chinnici, Davide De Chiara, Agostino Funel, Giovanni Ponti, Andrea Quintiliani, ENEA**

Da un punto di vista strategico, le tecnologie dell’informazione e della comunicazione (ICT) rivestono un ruolo di grande importanza: la natura pervasiva delle tecnologie dell’ICT, che si applicano ormai ad ogni settore delle attività umane, arricchisce il valore dell’innovazione, che costituisce il punto di riferimento sul quale si misura la competitività dei Paesi. Le politiche economiche riconoscono nelle tecnologie dell’ICT i propulsori della crescita economica e dello sviluppo complessivo della società. L’osmosi che si è creata tra energia e tecnologie ICT ha portato a due ti-

pologie di scenario: quello “dell’ICT per l’efficienza energetica” e quello “dell’efficienza energetica nelle ICT”. Le tecnologie dell’ICT consentono di ottenere risparmi energetici in molteplici settori, ma le stesse, ad esempio server, dispositivi elettronici, computer, consumano energia in quantità significative. Le apparecchiature e i servizi delle tecnologie dell’ICT sono responsabili di circa 8% del consumo di energia elettrica nell’UE e di circa il 4% della produzione di emissioni di CO₂ (dati che potrebbero raddoppiare entro il 2020 – Rapporto GeSi). Per questo, da anni, nel mondo dell’IT sono state introdotte politiche di risparmio ed

efficienza energetica, in generale definite come *green computing*. Le misure per ridurre i consumi delle risorse di calcolo (server, microprocessori, sistemi di calcolo ecc.) riguardano sia la progettazione – per apparati di alimentazione, architetture dei microprocessori, display, condizionamento – sia gli aspetti tecnici e organizzativi connessi all’uso degli apparati informatici. Un caso meritevole di maggiore approfondimento è quello dei Data Centre (DC) che, nella loro accezione più ampia, costituiscono un settore caratterizzato da un’elevata intensità energetica e da consumi in costante aumento. I DC, infatti, sono respon-

sabili di circa il 18% del consumo di energia del settore ICT con tassi di crescita delle emissioni di CO₂ intorno a un valore del 7% annuo. Si ritiene – considerata la crescente diffusione dell'informatica in molti settori che ha portato a un rapido sviluppo dei Data Centres – che i valori prima evidenziati cresceranno con ritmi superiori a quelli di tutte le altre tecnologie ICT.

In virtù dell'importanza di questo settore e, soprattutto, della sua dinamica, esiste un notevole fermento intorno al tema dell'efficienza energetica dei DC. In quest'ambito, la Commissione Europea nel 2008 ha introdotto uno specifico Codice di Condotta che si riferisce ai centri di calcolo; nel 2010 il codice è stato integrato con una serie di raccomandazioni sulle migliori pratiche in materia di progettazione, acquisto e

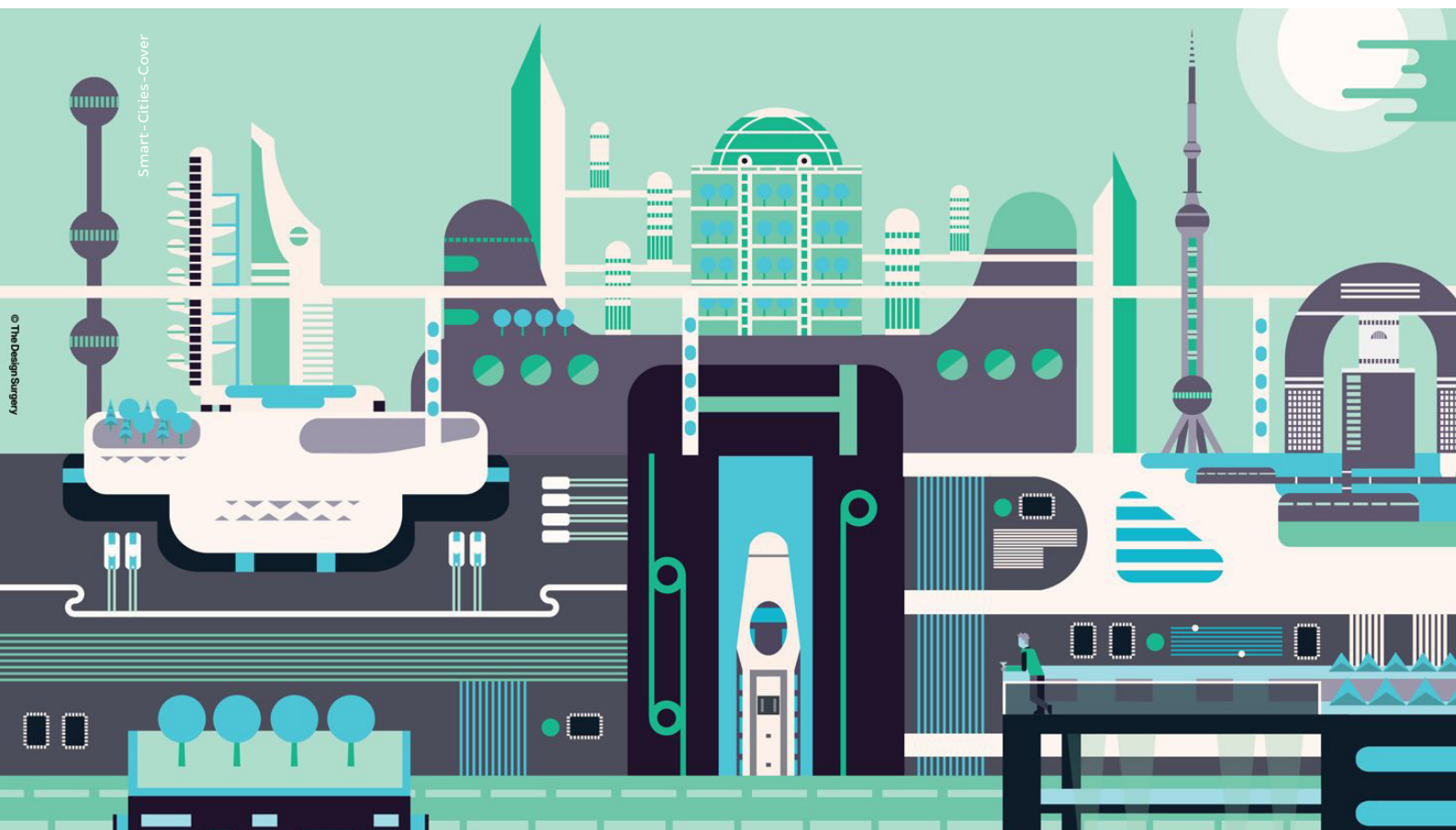
funzionamento in settori quali software, architettura e infrastruttura IT, ad esempio per garantire una migliore gestione delle condizioni ambientali (nel caso dei server garantendo il raffreddamento quando necessario in corrispondenza del processore evitando un raffreddamento eccessivo). In tema di DC, vi sono vari possibili livelli di intervento nell'ambito, ma prima di descriverli in dettaglio è bene soffermarsi sulle parti energivore costituenti il sistema complesso DC:

- IT Equipment, che comprende server, dispositivi di storage e di network, desktop, monitor, stampanti, per l'elaborazione ed il trattamento dei dati;
- Sistemi di alimentazione o che garantiscono continuità e qualità elettriche alle apparecchiature IT,

quali unità UPS (Uninterruptible Power Supply o gruppi di continuità), PDU (Power Distribution Unit o unità di distribuzione dell'alimentazione) e PSU (Power supply Unit o alimentatori);

- Sistemi ausiliari, che comprendono gli impianti di raffreddamento della sala, l'illuminazione, sistemi di sicurezza come quelli antincendio e quelli a garanzia della continuità elettrica (gruppi elettrogeni).

Ogni parte è costituita da svariati componenti, ognuna delle quali è caratterizzata da una propria efficienza che si riflette su quella totale del DC. È quindi fondamentale non solo usare macchine ad alto rendimento, ma assicurare un'ottima gestione del centro di calcolo; basti pensare che, tipicamente, gli impianti di raffreddamento assorbono circa il



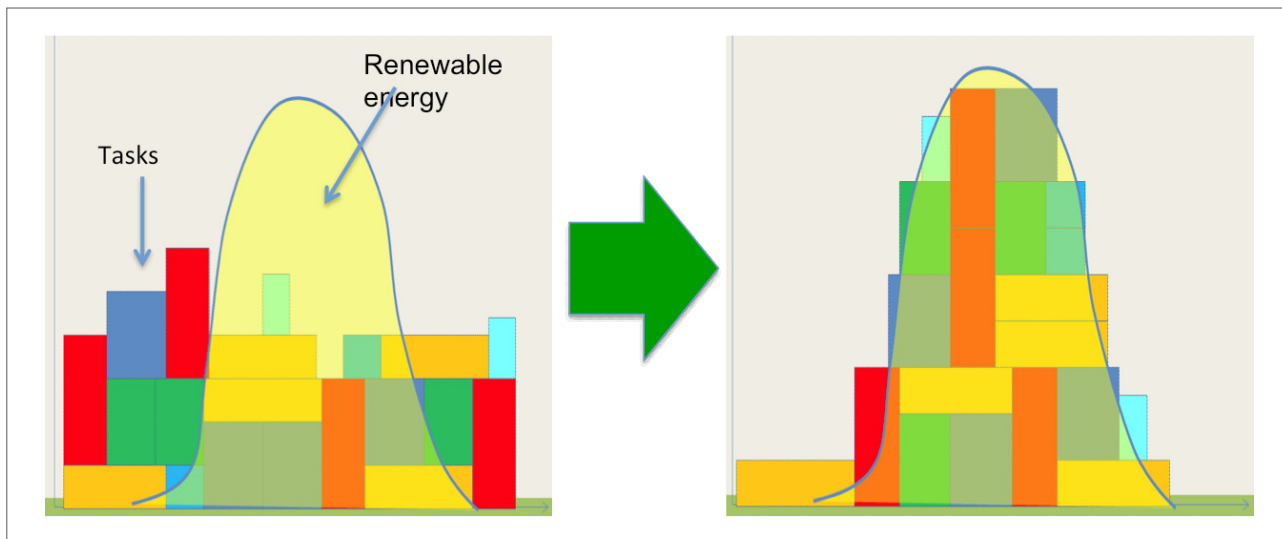


Fig. 1 Spostamento giornaliero dei carichi computazionali in funzione della disponibilità della quota di energie rinnovabili

40% dell'energia totale del DC. Qui, interventi termotecnici quali l'ottimizzazione nella disposizione dei condizionatori all'interno della sala, la gestione dei flussi d'aria o l'isolamento della sala macchine, possono abbattere notevolmente i consumi di energia e quindi portare a grossi risparmi sia in termini energetici sia economici. La parte IT, invece, è tipicamente responsabile del 60% dei consumi elettrici in un DC.

La determinazione di Key Performance Indicator (KPI) efficaci per rappresentare il comportamento energetico di un DC è un problema piuttosto complesso. Le attività (europee e non) che ruotano, con diversi approcci e da differenti prospettive, attorno al tema di codifica di una metrica di prestazione e delle *best practices* di progettazione e gestione dei DC sono molteplici. Al livello europeo, però, un quadro tecnico normativo per quanto riguarda metriche e metodologie standard da adottare nel caso dei DC non è ancora pronto, né tanto meno sono presenti quadri normativi nell'intero

settore dell'ICT in tema di efficienza energetica.

Alcuni dei maggiori gruppi europei in tema di standard – come il CENELEC (BTWG 132-3) ed il comitato tecnico EEDC “Energy Efficiency of Data Centers” facente parte del JTC1 “Information and technology standards” – stanno lavorando insieme per la definizione di una metrica di prestazione robusta che sia capace di rappresentare efficacemente il sistema DC e che allo stesso tempo permetta un confronto tra i diversi DC. Sul tema dell'efficienza nei Data Centre la Commissione Europea ha lanciato qualche anno fa, nell'ambito del 7° Programma Quadro, l'obiettivo: ICT-2013.6.2, la cui sfida riguardava lo sviluppo di tecnologie volte a massimizzare la quota di energie rinnovabili impiegate da un DC, all'interno del contesto di Smart Cities. Nell'ambito di quest'obiettivo specifico, la CE ha approvato il progetto DC4Cities1: An environmentally sustainable data centre for Smart Cities, che ha visto la partecipazione di 10 partner provenienti da Germania,

Francia, Belgio, Spagna e Italia, compreso l'ENEA.

Il progetto DC4Cities è stato inoltre, designato dalla Commissione come leader di un Cluster2, formato da 9 progetti europei, avente come obiettivo la definizione di KPI comuni per la misura dell'efficienza energetica dei DC, lo sviluppo delle relative metodologie, la verifica della fattibilità all'interno di ciascun progetto, l'interazione e lo scambio di informazioni con gli organismi internazionali di standardizzazione.

In particolare, l'ENEA si è occupata dei settori delle metriche, dei processi di standardizzazione e dei sistemi per ottenere informazioni sulla quantità di energia disponibile da fonti rinnovabili e la pianificazione dei consumi. I risultati del progetto sono stati verificati all'interno di tre stazioni sperimentali, situate a Trento, Barcellona e nei laboratori di HP di Milano.

DC4Cities: obiettivi e risultati

L'obiettivo principale del progetto DC4Cities è stato quello di rendere

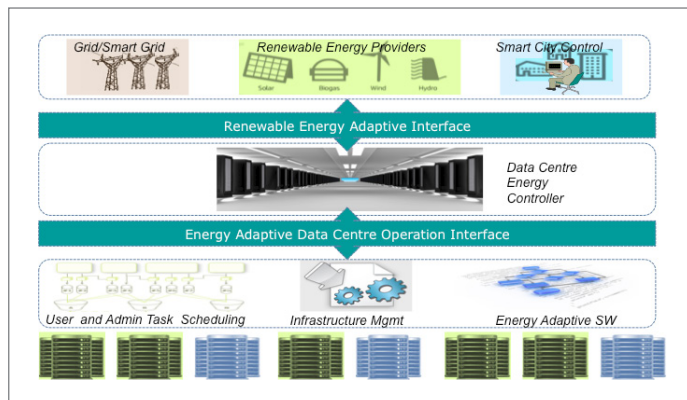


Fig. 2 Visione dell'architettura proposta dalla soluzione DC4cities

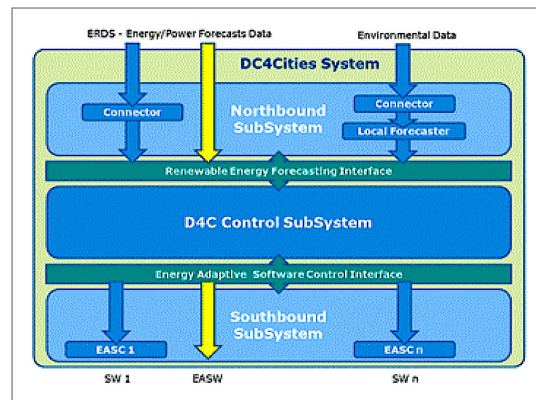


Fig. 3 Dettaglio dei sottosistemi costituenti l'architettura della soluzione DC4cities

re “eco-friendly” i DC esistenti e quelli di nuova generazione ovvero di adattare il consumo dei singoli DC alla disponibilità di energia rinnovabile, puntando a ottenere una quota di rinnovabili pari all'80% dei consumi, garantendo allo stesso tempo la qualità dei servizi. Il driver del progetto è stato quello del creare una filosofia di DC che fossero “energy-adaptive”, cioè che adattassero il carico di lavoro ottimizzando il consumo di energia elettrica in base alla disponibilità della stessa, senza imporre modifiche alla logistica e senza sacrificare la qualità dei servizi erogati agli utenti (Figura 1). L'ottimizzazione dei consumi è stata garantita grazie allo sviluppo di specifiche soluzioni software e all'utilizzo del *cloud computing*, mentre la misurazione del livello di efficienza energetica è stata assicurata dalla messa a punto di metriche, KPI e dallo sviluppo di dispositivi per la previsione della disponibilità di energia da fonti rinnovabili. In pratica, procedure automatiche programmano il carico di lavoro in modo che coincida con l'ora del giorno in cui la disponibilità di energia solare è massima. Per fare questo,

DC4Cities ha utilizzato due canali: uno ha il compito di fornire e aggiornare continuamente le informazioni riguardanti la disponibilità di energia, previsioni del tempo e dati energetici prodotti a livello locale e l'altro raccoglie informazioni sulle applicazioni in esecuzione all'interno del DC, calcola previsioni di consumo e, se necessario, ne modifica il comportamento. Inoltre, DC4Cities non solo ottimizza la richiesta di energia da parte dei singoli DC, ma allo stesso tempo permette di sfruttare le fonti rinnovabili di diverse zone geografiche mettendole a condivisione fra i vari DC ottenendo così migliori risultati in termini di eco sostenibilità. La soluzione DC4Cities è costituita da due principali sottosistemi (Figura 2 e 3):

- il primo (Northbound Subsystem), capace di fornire ed aggiornare continuamente le informazioni relative alla disponibilità di energia, basandosi su dati relativi sia alle previsioni del tempo che alla potenza prodotta su scala locale;
- il secondo (Southbound Control System), è un sottosistema che

raccoglie informazioni sul software in esecuzione all'interno del DC per poter fornire previsioni sul suo comportamento energetico.

Anche se l'80% di rinnovabili inizialmente fissato dalla Commissione si è dimostrato un target difficilmente raggiungibile, con l'utilizzo della soluzione DC4Cities i DC possono arrivare a raddoppiare la quota di energia rinnovabile. La sostenibilità ambientale dei DC è migliorata anche grazie a specifiche soluzioni che offrono l'opportunità di utilizzare fonti rinnovabili differenti, sfruttando il collegamento tra centri presenti in aree geografiche diverse. Tutto questo è stato possibile grazie allo sviluppo di sistemi in grado di aggiornare in tempo reale le informazioni riguardanti la disponibilità di energia che si basano su dati relativi alle previsioni del tempo e all'energia prodotta su scala locale.

Grazie al successo delle sperimentazioni, le soluzioni messe a punto potrebbero essere distribuite e applicate in diversi DC esistenti e di nuova generazione contribuendo così alla riduzione dei consumi e dell'impatto



sull'ambiente di strumenti centrali nella gestione delle Smart Cities. A questo proposito sono stati studiati specifici *business case* di potenziale interesse industriale.

Le attività svolte hanno anche riguardato la progettazione e lo sviluppo di componenti software che, integrati nel sistema centrale dell'architettura DC4Cities, hanno il compito di analizzare i piani in esecuzione nel sistema e valutarne lo stato in base agli obiettivi energetici preposti. ENEA è stata coinvolta nella progettazione di un componente che riceve in input l'insieme di attività pianificate nel sistema per il giorno in corso (*short term*) e per il successivo (*long term*) e restituisce una valutazione basata su due aspetti: il primo è di tipo energetico

e si basa sull'obiettivo di percentuale di energie rinnovabili utilizzate per eseguire le attività, mentre il secondo è di basato sulle performance e va a verificare, per ogni attività, il raggiungimento o meno degli obiettivi. La valutazione avviene a granularità fine a livello di singolo *time slot* (15 min. di default).

Un work package con ENEA leader è stato interamente dedicato allo studio e alla creazione di metriche per rispondere alle necessità di strumenti per misurare l'energia e i parametri ambientali ed economici di un DC, e per valutare i miglioramenti e le realizzazioni delle tecnologie sviluppate nell'ambito del progetto. Quest'attività, condotta nell'ambito del Cluster di progetti più sopra citato, ha consentito la messa a punto di

un sistema di metriche e di metodologie presentato alla Commissione Europea e condiviso con i principali organismi europei di standardizzazione.

Particolare attenzione è stata dedicata allo studio di metriche direttamente correlate con i *workload* (carichi di lavoro) sui DC. Per studiare questa problematica si è deciso di ricorrere a benchmark innovativi, aventi la capacità di simulare l'esecuzione di determinati carichi di lavoro, e di calcolare alcune metriche che consentano l'analisi del consumo energetico generato. Con l'esecuzione di questi benchmark, sono stati testati in maniera accurata i consumi energetici di alcune applicazioni tipiche.

Per lo svolgimento rigoroso dei test

sono state confrontate diverse suite *open source* dotate di potenti strumenti di *benchmarking* e di *stress testing* avanzato per lavori su database, dischi, *webserver*, *fileserver* e rete. Tutti i test di consumo sono stati fatti girare su uno o più nodi del *datacenter* CRESCO – di ENEA Portici.

Dopo un’iniziale fase di studio e ottimizzazione dei *workload* necessaria alla comprensione dei metodi e degli strumenti utilizzati, i vari strumenti di test hanno simulato o generato situazioni di carico reale che ci han-

no permesso di effettuare misure di precisione.

Da un punto di vista puramente scientifico, lo sforzo è stato concentrato sulla ricerca di parametri in grado di collegare il consumo energetico con il carico di lavoro al quale i nodi di calcolo sono stati sottoposti. Una strada promettente è costituita dal collegamento fra i consumi energetici e il numero di operazioni di I/O al secondo (IOPS) in modo da definire un parametro di costo energetico per

una operazione atomica di I/O (JOPS). Questa metrica potrebbe offrire una possibilità di indagare sul “costo” di una singola operazione atomica in termini di energia utilizzata, consentendo addirittura un confronto tra *workload* diversi. Quest’approccio, condiviso da altri studi rintracciabili in letteratura, sarà ulteriormente sviluppato nel corso dei prossimi mesi.

Per saperne di più:
marta.chinnici@enea.it

¹ Sito del progetto europeo DC4Cities: <http://www.dc4cities.eu/en/>

² Le informazioni sullo Smart Cities Cluster sono disponibili in:

- <http://www.dc4cities.eu/en/cluster/>

- <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/cluster-fp7-projects-proposes-new-environmental-efficiency-metrics-data-centres>

BIBLIOGRAFIA

1. I Rapporti tecnici del progetto DC4Cities sono disponibili per il download all’indirizzo <http://www.dc4cities.eu/en/downloads/>
2. European Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centre: http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/sites/energyefficiency/files/data_centre_coc_folder.pdf
3. The Green Grid: The Green Grid Energy Policy Research for Data Centres. Technical report, White Paper #25, The Green Grid (2009)
4. L.. Wang, S. U. Khan. Review of Performance Metrics for Green Data Centers: a Taxonomy Study. *The Journal of Supercomputing*, 63(3), 639–656. doi: 10.1007/s11227-011-0704-3(2011)
5. M. Chinnici, A. Quintiliani. “An Example of Methodology to Assess Energy Efficiency Improvements in Data Centers”. IEEE Third International Conference on Cloud and Green Computing (CGC 2013), (pp. 459-463). IEEE, Karlsruhe (2013)
6. Sonja Klingert, Marta Chinnici, Milagros Rey Porto. *Energy Efficient Data Centers: Third International Workshop, E2DC 2014*, Cambridge, UK, June 10, 2014, Revised Selected Papers-, Springer, Lecture Notes in Computer Science Vol. 8945, (Gen. 2015), ISBN: 978-3-319-15785-6 (Print), ISBN: 978-3-319-15786-3 (Online)