

Energia e Fonti Rinnovabili

*Almo Collegio Borromeo, Pavia, a.a. 2009-2010
corso riconosciuto dall'Università degli Studi di Pavia*

Introduzione: concetti base sull'energia

Giovanni Petrecca

*Dipartimento di Ingegneria Elettrica
Università degli Studi di Pavia, 27100 Pavia, Italy
giovanni.petrecca@unipv.it*

3 marzo 2010

Prima parte:
***L'ENERGIA NEL XX SECOLO E
PROSPETTIVE PER IL FUTURO***

Seconda parte:
CONCETTI BASE SULL'ENERGIA

Definizioni - unità di misura -
coefficienti di conversione - formule base - numeri base

Prima parte:
**L'ENERGIA NEL XX SECOLO E
PROSPETTIVE PER IL FUTURO**

LA SITUAZIONE ENERGETICA ITALIANA ALL'INIZIO
DEL XXI SECOLO

CONFRONTO CON IL SECOLO PASSATO E QUALCHE
PREVISIONE

ENERGIA & AMBIENTE: UN BINOMIO INDISSOLUBILE

- ACCOSTAMENTO REALIZZATO SOLO NEGLI ULTIMI VENTI ANNI SOTTO LA SPINTA DI UNA MAGGIORE CONSAPEVOLEZZA DA PARTE DELL'OPINIONE PUBBLICA, DEI TECNICI E DEI POLITICI.
- LA TECNOLOGIA - ED I RELATIVI INTERESSI ECONOMICI - CORRONO PIU' VELOCI DELLA CONOSCENZA/COSCIENZA DELLE CONSEGUENZE DELL'INTRODUZIONE DI NUOVI PRODOTTI E PROCESSI PRODUTTIVI.

SI E' QUINDI STATI COSTRETTI A RINCORRERE I PROBLEMI, TAMPONANDO LE SITUAZIONI DIFFICILI INVECE DI PREVENIRLE.

- NEI PRIMI ANNI DEL 1900 TUTTI I TECNICI ERANO CONCENTRATI SUL TEMA ENERGIA, INTESA COME TRAPASSO DAL LAVORO UMANO A QUELLO DELLE MACCHINE, SENZA ALCUNA PREOCCUPAZIONE PER I RIFLESSI SULL'AMBIENTE.

UNO SGUARDO ALL'INIZIO DEL SECOLO TRASCORSO

ERA IN ATTO IL TRAPASSO DAL LAVORO UMANO A QUELLO DELLE MACCHINE, CHE ERANO QUASI ESCLUSIVAMENTE A VAPORE E IDRAULICHE IN PROSSIMITA' DEI FIUMI.

IL COMBUSTIBILE UTILIZZATO ERA IL CARBONE, CON INQUINAMENTO DEI CENTRI INDUSTRIALI E GRAVI MALATTIE PER COLORO CHE VI ABITAVANO E LAVORAVANO NELLE MINIERE E NELLE FABBRICHE.

ERA INIZIATA LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA CON LA DINAMO PER L'ILLUMINAZIONE E SI COMINCIAVANO A COSTRUIRE I PRIMI ALTERNATORI E MOTORI ELETTRICI CHE AVREBBERO CONSENTITO UNA DISTRIBUZIONE CAPILLARE DELLA FORZA MOTRICE NEI LUOGHI DI LAVORO.

CIRCOLAVANO POCHE AUTOVETTURE CON MOTORI ELETTRICI, A VAPORE A BENZINA O A OLIO PESANTE.

NELLE ABITAZIONI SI UTILIZZAVA PETROLIO PER LE LAMPADE E LEGNA/CARBONE PER IL RISCALDAMENTO SOLO DI ALCUNI AMBIENTI.

LA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE ERA ORMAI INARRESTABILE, MA IL CONFRONTO TRA I VANTAGGI DEL LAVORO UMANO E QUELLO DELLE MACCHINE ERA ANCORA APERTO.

..... un'esperienza che destò qualche interesse. Io avevo due macchine dinamoeltriche di Gramme. Messa in moto l'una con una motrice a vapore, e lanciata la corrente, che da lei si sprigionava, nella seconda macchina, questa si metteva in movimento e sviluppava tanta forza da tener in moto una pompa centrifuga impiegata ad elevar dell'acqua. Qui la forza si convertiva in corrente elettrica, e questa si riconvertiva in forza.

Ora, contemporaneamente all'annuncio del New York Sun, un giornale di Cincinnati dava un altro annuncio non meno meraviglioso. S'era, diceva, trovato il modo sicuro di utilizzare tutta la cascata del Niagara. Delle ruote colossali ne avrebbero raccolto la forza di 17 milioni di cavalli all'incirca; queste ruote avrebbero animato delle macchine dinamoeltriche altrettanto immani; e la corrente da esse prodotta si sarebbe fatta circolare con una gomina metallica a New York, a Cincinnati, in altre grandi città dell'Unione, per portarvi a piacere la luce e la forza. Secondo questo seducente progetto, tutta l'illuminazione della città di New York non avrebbe costato che la modica somma di 1 dollaro e 69 cent. all'ora!

DA UNA CONFERENZA A MILANO

PROF. G. COLOMBO, 1 MARZO 1877

IL CONFRONTO UOMO-MACCHINA

DAL TESTO "PRONTUARIO DELL'AGRICOLTORE" – NICCOLI 1897

PESO MEDIO DELL'UOMO 70 kg, PUO' PORTARE UN PESO MASSIMO DI 120-150 kg

PREGI FONDAMENTALI DELL'UOMO MOTORE SONO:

- 1. QUELLO DELLA FACILITA' E PRONTEZZA CON LA QUALE PUO' TRASPORTARE, DA UN LUOGO ALL'ALTRO, SE' STESSO E LA PROPRIA FORZA***
- 2. QUELLO DI POTER MOLTIPLICARE I SUOI MOVIMENTI SI' DA POTER INDIRIZZARE E DIRIGERE LA PROPRIA FORZA IN MOLTI E SVARIATISSIMI MODI***
- 3. QUELLO DI POTER VINCERE, IN TEMPI SUCCESSIVI, RESISTENZE RELATIVAMENTE ASSAI VARIATE E DIVERSE***
- 4. FINALMENTE QUELLO DI POTER FAR PRESIDERE AD OGNI SUO MOVIMENTO E AD OGNI SUO IMPIEGO DI FORZA DINAMICA UNA VOLONTA' INTELLIGENTE***

CHIARO E' CHE ASSAI MALE APPROFITTA SI DI QUESTE SUE QUALITA', OVE LO SI IMPIEGHI A COMPIERE SFORZI E MOVIMENTI TUTT'AFFATTO UNIFORMI E COSTANTI, NON RICHIEDENTI IMPIEGO DELL'INTELLIGENZA E SEMPRE IN UNA MEDESIMA LOCALITA'.

DIFFICILMENTE, NELLE SUDDETTE CONDIZIONI, POSSONO DA ESSO OTTENERSI OLTRE 150.000-180.000kg_Fm A GIORNATA DI LAVORO.

nota: 180.000kg_Fm = 0,49kWh = 0,66 ora-cavallo vapore

270.000kg_Fm = 0,74kWh = 1 ora-cavallo vapore

367.000kg_Fm = 1kWh

NE DERIVA CHE L'ORA-CAVALLO VAPORE (270.000kg_Fm) UTILIZZATA IN TAL MODO DALL'UOMO MOTORE, VIENE A COSTARE, DETTA M LA SUA MERCEDE GIORNALIERA, DA 1,8 A 1,5 M RISPETTIVAMENTE.

QUINDI PER M = L. 5 da L. 9 a L. 7,5

PER M = L. 10 da L. 18 a L. 15

DATO IL QUAL TENORE DELLE MERCEDI IL COSTO DELL'ORA-CAVALLO VAPORE UTILIZZABILE DALL'UOMO RIUSCIVA (NOTA: ANNI 1890-1900) PRESSOCHE' TRIPLO DI QUELLO UTILIZZABILE DAGLI ANIMALI E FINO A 10-12 VOLTE MAGGIORE DI QUELLO UTILIZZABILE DA MOLTI MOTORI BRUTI.

IL CONFRONTO UOMO-MACCHINA. I COSTI DEL LAVORO

(1 ora cavallo vapore = 0,74kWh = 1,5 giornata di lavoro)

	1900	2000
LAVORO UMANO		
Lira/giorno	5	200.000
Lira/(ora cavallo vapore)	9-7,5	
LAVORO MACCHINA A VAPORE		
Lira/(ora cavallo vapore)	0,4-0,2	
FUOCHISTA (Lira/giorno)	5-7	400.000
CARBONE (Lira/t)	45	150.000
rapporto lavoro fuochista/carbone	0,11-0,15	2,66
LAVORO MACCHINA IDRAULICA		
Lira/(ora cavallo vapore)	0,05	

QUANTO VALE 1 kWh? **tantissimo**

1 kWh = 2 giornate di lavoro

significa sollevare 1000kg per 367m di dislivello

4 persone che lavorano un giorno intero portando 50kg per volta

QUANTO COSTA 1 kWh? **pochissimo**

1900 1-2 Lira

2000 100 Lira

2010 0,1 €

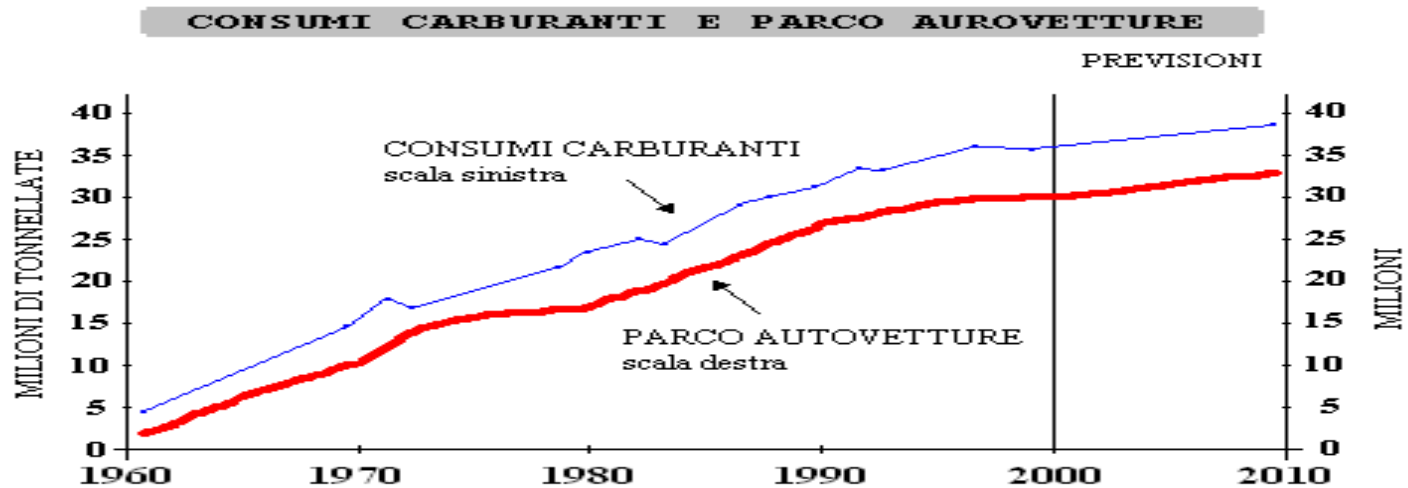
L'INDUSTRIA

- TUTTO IL CONSUMO ENERGETICO, QUASI ESCLUSIVAMENTE CARBONE, ERA CONCENTRATO NELL'INDUSTRIA
- ESISTEVANO CALDAIA A CARBONE PER LA PRODUZIONE DI VAPORE DESTINATO A MOVIMENTARE MACCHINE A VAPORE
- MOLTE INDUSTRIE, TESSILI IN PREVALENZA, ERANO COSTRUITE IN PROSSIMITA' DI CORSI D'ACQUA PER POTER SFRUTTARE LA RISORSA IDRICA DIRETTAMENTE CON TURBINA IDRAULICA E ALBERO MECCANICO OPPURE TRAMITE DINAMO

IL TRAFFICO STRADALE

- NEL 1920 ESISTEVANO IN CIRCOLAZIONE IN ITALIA OLTRE 230.000 AUTOVETTURE DI OGNI TIPO E CIRCA 60.000 MOTOCICLI, PIU' DI 15.000 AUTOCARROZZETTE E TRATTRICI PER UN TOTALE DI OLTRE 300.000 AUTOVEICOLI.
- NEL 2000 IL PARCO AUTOVETTURE E' DI CIRCA 30.000.000 CON UNA CRESCITA QUASI COSTANTE DAL 1960 AL 2000 CON UN CONSUMO MEDIO DI 1 TONNELLATA DI PETROLIO/ANNO PER AUTOVETTURA.
- AGLI INIZI DEL SECOLO SCORSO NON ESISTEVA IL TRASPORTO AEREO ED IL TRASPORTO FERROVIARIO ERA BASATO ESSENZIALMENTE SU LOCOMOTRICI A VAPORE ALIMENTATE A CARBONE.

GRAFICO SU INCREMENTO CIRCOLAZIONE AUTOVETTURE E CONSUMI



GLI USI DOMESTICI E PER UFFICI

- PETROLIO PER LAMPADE
- LEGNA E CARBONE PER IL RISCALDAMENTO CON STUFE E CAMINI
- ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE A PARTIRE DAI PRIMI ANNI DEL 1900
- TEMPERATURA MEDIA CONSIGLIATA PER LE ABITAZIONI (DA MANUALI DEL 1910)
NON SUPERIORE A 14-15 °C E SOLO IN ALCUNE STANZE

NEL 2000 I CONSUMI DOMESTICI + TERZIARIO DI ENERGIA IN UN PAESE INDUSTRIALIZZATO RAPPRESENTANO CIRCA IL **40% DEGLI USI FINALI DELL'ENERGIA**

UNO SGUARDO ALLA SITUAZIONE DELLE FONTI ENERGETICHE NELL'ULTIMO SECOLO

	Mondo	Inghilterra	Mondo
	PETROLIO	CARBONE	METANO
ANNO	Mt	Mt	Mt (petrolio equivalente)
1857	0,0003	65	
1880	3,9	147	
1890	9,9	181	
1900	19,6	225	
1920	94,1		
1970	2000	1200 (mondo)	600 (mondo)
2000	3500	1600	1760

L'ENERGIA ELETTRICA

LO SVILUPPO DELL'ELETTROTECNICA HA CARATTERIZZATO LO SVILUPPO DEL MONDO INTERO NEI PRIMI DECENNI DEL 1900.

CON LA COSTRUZIONE DEGLI ALTERNATORI, DEI MOTORI E DELLE LINEE DI DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA E' STATA POSSIBILE UNA DISTRIBUZIONE CAPILLARE DI ALBERI MOTORI DI PICCOLA E GRANDE POTENZA E QUINDI LA MOTORIZZAZIONE DIFFUSA DELLE MACCHINE.

I CONSUMI DI ENERGIA SONO CRESCIUTI CON CONTINUITA' PER TUTTO IL SECOLO SCORSO.

CONSUMI ITALIANI IN TWh (miliardi di kWh)

1900	2
1950	22
1957	37
1999	280
2004	321

LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA NEL 2000 SI BASA SU

- SFRUTTAMENTO DELLE RISORSE IDRICHE 18,3%
- TERMICA TRADIZIONALE 80,1%
- GEOTERMICA 1,6%
- EOLICA E FOTOVOLTAICA 1 per mille

LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E' QUINDI PASSATA DA QUASI ESCLUSIVAMENTE IDROELETTRICA NEGLI ANNI 1940-1950 AD UN MIX DI DIVERSI CONTRIBUTI TRA CUI PREVALE IL TERMOELETTRICO.

IL RENDIMENTO MEDIO DI PRODUZIONE NAZIONALE DA CENTRALE TERMOELETTRICA TRADIZIONALE E' PARI A CIRCA IL 40%.

IL RENDIMENTO DELLE NUOVE CENTRALI CON TURBOGAS A CICLO COMBINATO ARRIVA SINO AL 57-58%.

SI TRATTA QUINDI DI UN MIGLIORAMENTO RILEVANTE CON UN CONSUMO UNITARIO DI COMBUSTIBILE METANO DA 0,26 Sm³/kWh A 0,18 Sm³/kWh CHE HA RESO IL kWh DI PRODUZIONE ITALIANA COMPETITIVO SUI MERCATI EUROPEI (da 8,4 c€/kWh a 5,6 c€/kWh) NONOSTANTE IL PREZZO RAGGIUNTO DAL METANO nel 2005-2008 (0,3-0,4 €/Sm³)

LE FONTI RINNOVABILI

- **POSSONO E DEVONO ESSERE SVILUPPATE E INCENTIVATE MA MOLTA STRADA DEVE ESSERE FATTA AFFINCHÉ RAPPRESENTINO UNA QUOTA SIGNIFICATIVA DEI FABBISOGNI DI ENERGIA.**
- CON UNA DENSITA' DI IRRAGGIAMENTO SOLARE AL SUOLO DI 500-1000 W/m² ED UNA EFFICIENZA DELLE CELLE FOTOVOLTAICHE DI CIRCA IL 15% SI RENDONO DISPONIBILI 75-150 W/m².
- OGNI ABITAZIONE AVREBBE BISOGNO DI ALMENO 20 m² DI CELLE FOTOVOLTAICHE E DI SISTEMI DI ACCUMULO PER GARANTIRE ENERGIA DURANTE LA NOTTE IN CARENZA DI IRRAGGIAMENTO SOLARE (O IN ALTERNATIVA CEDERE ALLA RETE LA QUOTA CHE ECCEDE IL CONSUMO).
- E' POSSIBILE PREVEDERE UNO SVILUPPO DELLE FONTI RINNOVABILI (DIVERSE DALL'IDROELETTRICO) SINO A COPRIRE QUALCHE PUNTO PERCENTUALE DEL TOTALE FABBISOGNO ENERGETICO.
- UN DIFFUSO SFRUTTAMENTO DELLE FONTI RINNOVABILI E' ANCHE CONNESSO ALLO SVILUPPO DI SISTEMI DI ACCUMULO TUTTORA PIUTTOSTO SCARSI IN TERMINI DI ENERGIA SPECIFICA ACCUMULABILE.

UN CONTRIBUTO SIGNIFICATIVO, SINO AL 10-15%, POTREBBE VENIRE DALL'UTILIZZO DIFFUSO DEI RIFIUTI (BIOMASSE, ETC.)

UNA FONTE RINNOVABILE BEN SVILUPPATA SUL TERRITORIO ITALIANO, ANCHE SE CONCENTRATA IN ALCUNE REGIONI, E' QUELLA EOLICA.

ATTUALMENTE E' POSSIBILE RAGGIUNGERE POTENZE UNITARIE PER IL SINGOLO AEROGENERATORE DI 1000-2000 kW (pari alla potenza di uno stabilimento medio italiano) E POTENZE DI UN SINGOLO PARCO EOLICO DA 30-40 MW SINO A OLTRE 100 MW.

E' UNA PROSPETTIVA MOLTO INTERESSANTE, IN FASE DI SVILUPPO, CHE HA COMUNQUE UN LIMITE NATURALE NELLA DISPONIBILITA' DI SITI CON PRESENZA DI VENTO PER 2500-3500 ORE/ANNO CON VELOCITA' DI ALMENO 5-6 m/s

IN SINTESI:

L'ITALIA SAREBBE IN GRADO DI COPRIRE CON LE PROPRIE RISORSE ENERGETICHE IL 10% DEI CONSUMI DI COMBUSTIBILE ED IL 18% DEI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA.

PER TUTTO IL RESTO DIPENDIAMO DA FORNITORI ESTERI:

- 90% DEI FABBISOGNI DI COMBUSTIBILI (DI CUI UNA PARTE E' DESTINATA ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA)
- 15% DEI FABBISOGNI DI ENERGIA ELETTRICA

CHI UTILIZZA L'ENERGIA – CHI E' RESPONSABILE DELL'INQUINAMENTO IN UN PAESE INDUSTRIALIZZATO

	LORDA	USI FINALI
PRODUZIONE ELETTRICA	33%	
RAFFINERIE, ETC.	5%	
INDUSTRIA	18%	29%
TRASPORTI	19%	31%
ABITAZIONI/TERZIARIO	25%	40%
TOTALE	100%	100%

UN CATTIVO ESEMPIO DI TRASFORMAZIONE ENERGETICA- produzione e utilizzo dell'aria compressa

	ENERGIA
ESTRAZIONE DA POZZI	340
TRASPORTO	
RAFFINERIA	300
CALDAIA A VAPORE	
TURBINA A VAPORE	
ALTERNATORE	
TRASFORMATORE	
LINEE ELETTRICHE	
TRASFORMATORE	
LINEE ELETTRICHE	
MOTORE CON ALBERO ROTANTE	100
COMPRESSORE ARIA	
LINEA DI DISTRIBUZIONE ARIA	
PISTONE	
USO FINALE: SPOSTAMENTO RETTILINEO	5

L'ENERGIA E L'AMBIENTE

LO SVILUPPO DEI CONSUMI ENERGETICI NELL'ULTIMO SECOLO HA AVUTO RIFLESSI SULL'AMBIENTE:

- **SFRUTTAMENTO DI RISORSE** ACCUMULATESI IN MILIARDI DI ANNI E CONSUMATE IN CENTINAIA DI ANNI
- **INQUINAMENTO DELL'AMBIENTE** IN QUANTO TUTTE LE TRASFORMAZIONI ENERGETICHE, DAL COMBUSTIBILE ALL'UTILIZZO FINALE (PRODUZIONE CALORE, PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA) PASSANO ATTRVERSO LA COMBUSTIONE CON CONSUMO DI OSSIGENO ATMOSFERICO E PRODUZIONE DI SO_2 , NO_x E CO_2 CON CONSEGUENTE EFFETTO SERRA E ALTERAZIONI CLIMATICHE
- **INQUINAMENTO DELL'AMBIENTE A CAUSA DEI RIFIUTI** PROVENIENTI DALLE ATTIVITA' INDUSTRIALI E DOMESTICHE

L'INQUINAMENTO DA CO₂ E' UNA DELLE PRINCIPALI CAUSE DELL'EFFETTO SERRA E DELLE ALTERAZIONI CLIMATICHE

LA PRODUZIONE ANNUA MEDIA MONDIALE DI CO₂ E' DI 3,5 t/persona CON DISTRIBUZIONE DISUNIFORME TRA LE AREE GEOGRAFICHE COSI' COME E' DISUNIFORME IL CONSUMO DI ENERGIA

	<u>PRODUZIONE ANNUA DI CO₂</u>	DI RIFIUTI
▪ MONDO	3,5	
▪ USA-CANADA	16	
▪ EUROPA (UE)	8	1,5-2
▪ ITALIA	7	
▪ ASIA-AFRICA	1,6-0,8	

(dati in t/persona)

CONSUMO ENERGETICO

(dati in TEP/persona)

▪ MONDO	1,56
▪ USA-CANADA	6,4
▪ EUROPA (UE)	3,7
▪ ITALIA	2,7
▪ ASIA-AFRICA	0,5

CHE COSA FARE NEL PROSSIMO MILLENNIO

LO SVILUPPO DEL MONDO NON PUO' FERMARSI. E' UTOPISTICO PROPORRE UNA RETROCESSIONE RISPETTO AGLI ATTUALI LIVELLI DI SVILUPPO.

DA AGENDA 21-CONFERENZA DI RIO 1992

L'ENERGIA E' ESSENZIALE PER LO SVILUPPO ECONOMICO E SOCIALE E PER IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITA' DELLA VITA. TUTTAVIA GRAN PARTE DELL'ENERGIA NEL MONDO VIENE PRODOTTA E CONSUMATA CON MODALITA' CHE NON POTRANNO ESSERE SOSTENIBILI SE LA TECNOLOGIA RIMARRA' IMMUTATA E SE LE QUANTITA' GLOBALI CRESCERANNO SENZA CONTROLLO

E' PROBABILE CHE MOLTI PAESI RAGGIUNGANO NEL TEMPO I LIVELLI DI CONSUMO DELL'EUROPA E CONSEGUENTEMENTE GLI STESSI LIVELLI DI INQUINAMENTO

LE PREVISIONI PER I PROSSIMI ANNI

- L'INTRODUZIONE DI NUOVE TECNOLOGIE PER AUMENTARE L'EFFICIENZA DEGLI ATTUALI SISTEMI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA (COGENERAZIONE, TURBOGAS, UTILIZZO DIFFUSO DI RIFIUTI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA), IL MIGLIORAMENTO DELLA RESA ENERGETICA DELLE AUTOVETTURE, ATTUALMENTE NON SUPERIORE AL 20%, IL CONTENIMENTO DEI CONSUMI NEGLI EDIFICI ATTRAVERSO COIBENTAZIONI E MIGLIORE GESTIONE DEGLI USI FINALI, L'INTRODUZIONE DI SISTEMI DI COMBUSTIONE AD EMISSIONI RIDOTTE DI NO_x RAPPRESENTANO UN PASSO IMPORTANTE MA NON DECISIVO PER LA RISOLUZIONE DEL PROBLEMA DELL'USO RAZIONALE DELL'ENERGIA NEL RISPETTO DELL'AMBIENTE
- LO SFRUTTAMENTO DELLE FONTI RINNOVABILI TRA LA QUALI **IL RISPARMIO ENERGETICO E'UNA DELLE PIU' PROMETTENTI A BREVE TERMINE**
- LA DIFFUSIONE DI SISTEMI VOLONTARI DI GESTIONE DELL'AMBIENTE ALL'INTERNO DEI SITI PRODUTTIVI CON IMPEGNO AL MIGLIORAMENTO CONTINUO

- LA REALIZZAZIONE DI STUDI SUGLI IMPATTI AMBIENTALI ED ENERGETICI DEL PRODOTTO, DALLE MATERIE PRIME SINO ALLA FINE DELLA VITA (LIFE CYCLE ANALYSIS)
- ACCORDI DI COOPERAZIONE INTERNAZIONALE (RIO, KYOTO) CON IMPEGNI ALLA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO
- LA RICERCA DI NUOVE TECNOLOGIE PULITE CHE NON POSSONO BASARSI SOLO SUL MIGLIORAMENTO DI QUELLE ATTUALI CHE COMUNQUE, ANCHE SE OTTIMIZZATE, PRODURRANNO SEMPRE EMISSIONI DIFFUSE DI ANIDRIDE CARBONICA E OSSIDI DI AZOTO. TRA QUESTE, DAL PUNTO DI VISTA DEL MIGLIORAMENTO AMBIENTALE DEGLI UTILIZZATORI FINALI, QUELLE BASATE SULL'UTILIZZO DI IDROGENO NELLE CELLE A COMBUSTIBILE, SEPARATO IN MODO CONTROLLATO DAI FOSSILI IN PRESENZA DI VAPORE ACQUEO CON PRODUZIONE DI CO₂ CHE PUO' ESSERE SEPARATA ED INIETTATA A GRANDI PROFONDITA' IN CAVITA' NATURALI, OLTRE AD UNA RIFORESTAZIONE

- OCCORRE INIZIALMENTE CONCENTRARE GLI SFORZI SULLA RICERCA DI TECNOLOGIE INTRODUCIBILI A BREVE-MEDIO TERMINE, IN GRADO DI ATTUTIRE L'EFFETTO SERRA, COME AD ESEMPIO QUELLE BASATE SULL'IDROGENO, PER CONSENTIRE DI SVILUPPARE CON TEMPI ANCORA NON DEFINIBILI (E PROBABILMENTE NON PRIMA DEL 2050) NUOVE TECNOLOGIE PER L'UTILIZZO DI FONTI ENERGETICHE TUTTORA IMPREVEDIBILI (NUOVO NUCLEARE, ETC.).
- OCCORRE SVILUPPARE NUOVE RICERCHE IN DIREZIONI TUTTORA IMPREVEDIBILI PER OTTENERE L'ACCUMULO DI ENERGIA ELETTRICA, TUTTORA IRREALIZZABILE IN MODO SIGNIFICATIVO. CIO' CONSENTIREBBE DI SVINCOLARE TUTTO IL TRASPORTO (SU STRADA, AEREO, NAVALE) DALL'UTILIZZO DI COMBUSTIBILI.

I PROGRESSI COMPIUTI NELL'ULTIMO SECOLO NEL CAMPO DELL'ACCUMULO ELETTROCHIMICO SONO STATI DELUDENTI E FORSE OCCORRE TROVARE NUOVE STRADE (STABILE SU 100-130-200 Wh/kg=500-720 kJ/kg DI BATTERIA DA CONFRONTARE CON 41860 kJ/kg DELL'OLIO COMBUSTIBILE)

- **LA SCOPERTA DI NUOVI SISTEMI DI ACCUMULO ELETTRICO E TERMICO SAREBBE IN GRADO DI RIVOLUZIONARE LE MODALITA' DI PRODUZIONE, TRASPORTO E UTILIZZO DELL'ENERGIA**

- OCCORRE SVILUPPARE NUOVE RICERCHE IN DIREZIONI TUTTORA IMPREVEDIBILI PER OTTENERE LA TRASMISSIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA SENZA LINEE DI TRASMISSIONE, CONSENTENDO IL TRASPORTO SENZA LIMITI DI DISTANZA SULLA TERRA E NELLO SPAZIO IN ALTERNATIVA ALL'ACCUMULO, QUALORA QUESTO SI RIVELASSE IRREALIZZABILE.
- OCCORRE RICERCARE NUOVE FONTI ENERGETICHE, NON NECESSARIAMENTE SUL PIANETA TERRA, ACCUMULABILI E/O TRASMISSIBILI E/O TRASPORTABILI PER AFFRONTARE LA CARENZA DI COMBUSTIBILI CHE INEVITABILMENTE SI MANIFESTERA' NEL LUNGO PERIODO TRA CIRCA UN SECOLO
- OCCORRE PERSEGUIRE UNO SVILUPPO SOSTENIBILE, OSSIA UN'EVOLUZIONE COMPATIBILE CON RISORSE E AMBIENTE (DA 6 MILIARDI DI PERSONE AL DOPPIO IN 10 ANNI)
- **OCCORRE RIDURRE GLI SPRECHI ENERGETICI ELETTRICI E TERMICI NELLE ABITAZIONI, NEI TRASPORTI E NELL'INDUSTRIA CON UNA RIDUZIONE DEI CONSUMI CHE POTREBBE ANCHE ARRIVARE AL 50% DI QUELLI ATTUALI NELLA NAZIONI INDUSTRIALIZZATE**

- OCCORRE IN CONCLUSIONE INVESTIRE SU PROGETTI DI LARGO RESPIRO CON COSTI ENORMI E DAI RISULTATI INCERTI CHE RAPPRESENTANO COMUNQUE L'UNICA STRADA PERCORRIBILE PER GARANTIRE UNO SVILUPPO NON DISTRUTTIVO DELLE ATTIVITA' UMANE. PER FARE QUESTO OCCORRE INVESTIRE NELL'EDUCAZIONE A TUTTI I LIVELLI E NELLA PREPARAZIONE SPECIFICA NEL CAMPO TECNICO-SCIENTIFICO FORMANDO IN PARTICOLARE INGEGNERI TECNICAMENTE VALIDI E CONSAPEVOLI DELLE IMPLICAZIONI DI TUTTE LE LORO AZIONI.

CIO' SIGNIFICA CHE E' SEMPRE MAGGIORE LA RICHIESTA DI TECNICI E DI ORGANIZZAZIONI CHE SAPPIANO CON INDIPENDENZA DI GIUDIZIO

- RIESAMINARE CRITICAMENTE LE TECNOLOGIE ESISTENTI
- PROMUOVERE E SUPPORTARE LA RICERCA E LO SVILUPPO DI NUOVE TECNOLOGIE E L'UTILIZZO DI QUELLE ESISTENTI IN UNA VISIONE DI SISTEMA PIUTTOSTO CHE DEL SINGOLO UTILIZZATORE
- APPLICARE IN MODO CORRETTO LE NUOVE TECNOLOGIE NEL RISPETTO DELL'AMBIENTE E DELLE PERSONE
- SUPPORTARE E GUIDARE LE POLITICHE ENERGETICHE ED AMBIENTALI
- RAPPRESENTARE UNA VOCE INFORMATA CHE DOVREBBE CONTRASTARE ED IMPEDIRE IL DIFFONDERSI DI FALSI PREGIUDIZI CHE HANNO SPESSO RALLENTATO LO SVILUPPO DI NUOVE IDEE E NUOVE SCOPERTE

Gli è che oramai nulla si può dire veramente impossibile in questo ordine di idee. La mia fede è inconcussa su questo punto : anzi se ho un timore, è di prevedere meno di quello che la scienza e lo spirito d'invenzione inaspettatamente potrebbero creare. Ma se anche mi ingannassi in queste viste lontane alle quali mi sento trascinato quasi mio malgrado, in questo sono certo di non ingannarmi : che prima di due o tre anni, noi avremo la luce elettrica in casa. Ed il gas mi domandate- rete? Il gas ha ancora davanti a sé, se lo si vuole, un vasto campo di azione. Esso ci darà il combustibile per l'economia domestica, se le vecchie compagnie, già ammortizzate da un pezzo, sapranno adattarsi alle nuove circostanze.

Ci riscaldiamo a gas e ci illumineremo coll'elettricità.

DA UNA CONFERENZA A MILANO

PROF G. COLOMBO, 1 MARZO 1877

Seconda parte:

CONCETTI BASE SULL'ENERGIA

Definizioni - unità di misura -

coefficienti di conversione - formule base - numeri
base

NEL SEGUITO SONO RIPORTATE ALCUNE DEFINIZIONI TRATTE DALLA NORMA UNI CEI EN 16001 SUI SISTEMI DI GESTIONE DELL'ENERGIA

Energy : electricity, fuel, steam, heat, compressed air and other like media

NOTE Energy is an abstract concept. The international unit for energy is Joule (J).

energy use: manner or kind of application of energy

EXAMPLE Ventilation, heating, processes, production lines.

NOTE The quantity of the energy applied is expressed as energy consumption.

energy consumption: amount of energy used

NOTE 1 Energy consumption is a widely used term, although technically incorrect because energy is transformed or

converted but cannot be consumed.

NOTE 2 The manner or kind of application of energy is expressed as energy use

energy efficiency: ratio between an output of an organization's activities, goods or services, and an input of energy

NEL SEGUITO SONO RIPORTATE ALCUNE TABELLE CONTENENTI LE UNITÀ DI MISURA DEL SISTEMA INTERNAZIONALE SI, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO A FORZA - LAVORO - POTENZA - PRESSIONE. SONO PURE RIPORTATI I FATTORI DI CONVERSIONE PER TRASFORMARE GRANDEZZE ESPRESSE IN UNITA' DIVERSE DAL SISTEMA SI D ALCUNI PARAMETRI DI USO PRATICO CHE POTRANNO ESSERE UTILI PER ALCUNI ESEMPI APPLICATIVI SULL'OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA

Unità base e supplementari del SI

QUANTITÀ	UNITÀ	SIMBOLO
Lunghezza	metro	m
Massa	kilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Corrente elettrica	ampere	A
Temperatura termodinamica	kelvin	K
Intensità luminosa	candela	Cd
Sostanza molecolare	mole	mol
Angolo piano	radiante	rad
Angolo solido	steradiano	sr

Prefissi comunemente usati

FATTORE	PREFISSO	SIMBOLO
<i>Multiplo</i>		
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deka	da
<i>Sottomultiplo</i>		
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

Unità derivate dal SI

QUANTITÀ	UNITÀ	SIMBOLO
<i>Spazio e Tempo</i>		
Area	metro quadrato	m^2
Volume	metro cubo	m^3
Velocità	metro per secondo	m/s
Accelerazione	metro per secondo quadrato	m/s^2
Velocità angolare	radiante per secondo	rad/s
Accelerazione angolare	radiante per secondo quadrato	rad/s^2
Frequenza	hertz	Hz=cicli/s
Velocità di rotazione	radiante per secondo	rad/s
<i>Meccaniche</i>		
Densità	kilogrammo per metro cubo	kg/m^3
Momento	kilogrammo metro per secondo	$kg \cdot m^2/s^2$
Momento di inerzia	kilogrammo metro quadrato	$kg \cdot m^2$
Forza	newton	$N = kg \cdot m/s^2$
Coppia	newton metro	$N \cdot m$
Energia, lavoro, quantità di calore	joule	$J = N \cdot m$
Potenza	watt	$W = J/s$
Pressione, sforzo	pascal	$Pa = N/m^2$

QUANTITÀ	UNITÀ	SIMBOLO
<i>Elettriche e magnetiche</i>		
Carica elettrica	coulomb	$C=A \cdot s$
Potenziale elettrico, tensione	volt	$V=W/A$
Intensità di campo elettrico	volt per metro	V/m
Capacità	farad	$F=C/V=A \cdot s/V$
Densità di corrente	ampere per metro quadrato	A/m^2
Intensità di campo magnetico	ampere per metro	A/m
Flusso magnetico	weber	$Wb=V \cdot s$
Densità di flusso magnetico	tesla	$T=Wb/m^2$
Induttanza	henry	$H/V \cdot s/A$
Permeabilità	henry per metro	H/m
Resistenza	ohm	$\Omega=V/A$
Conduttanza	siemens	$S=A/V$
Forza magnetomotrice	ampere	A
<i>Luce</i>		
Flusso luminoso	lumen	$lm=cd \cdot sr$
Luminanza	lux	$lx=lm/m^2$
<i>Viscosità</i>		
Viscosità cinematica	metro quadrato per secondo	m^2/s
Viscosità dinamica	pascal secondo	$Pa \cdot s$

Unità SI e fattori di conversione

Per convertire da	Simbolo	a	Simbolo	Moltiplica per
LUNGHEZZA				
foot	ft	metro	m	0,3048
inch	in	metro	m	0,0254
mile	mi	metro	m	1609
AREA				
square foot	ft ²	metro quadrato	m ²	0,0929
square inch	in ²	metro quadrato	m ²	0,000645
VOLUME				
cubic foot	ft ³	metro cubo	m ³	0,02832
cubic inch	in ³	metro cubo	m ³	0,00001639
USA liq gallon	gal	metro cubo	m ³	0,0037854
litro	l	metro cubo	m ³	0,001
MASSA				
pound	lb	kilogrammo	kg	0,45359
ton (short)	ton	tonnellata	t=10 ³ · kg	0,9072
ton (long)	ton	tonnellata	t=10 ³ · kg	1,016
barrel (oil)	barrel	tonnellata	t=10 ³ · kg	0,137

Per convertire da	Simbolo	a	Simbolo	Moltiplica per
FORZA				
pound-force	lbf	newton	N	4,448
kilogrammo-forza	kgf	newton	N	9,807
PRESSIONE				
pound-force/square foot	lbf/ft ²	pascal	Pa	47,8788
pound-force/square inch	lbf/in ²	pascal	Pa	6895
kilogrammo-forza/metro quadrato	kgf/m ²	pascal	Pa	9,807
bar	bar	pascal	Pa	100000
atmosfera	atm	pascal	Pa	101325
mm H ₂ O	mm H ₂ O	pascal	Pa	9,7739
inch H ₂ O	in H ₂ O	pascal	Pa	248,7
VELOCITÀ				
foot/secondo	ft/s	metro per secondo	m/s	0,3048
foot/min	ft/min	metro per secondo	m/s	0,00508
mile/ora	mi/h	metro per secondo	m/s	0,4469
kilometro/ora	km/h	metro per secondo	m/s	0,2777
ACCELERAZIONE				
foot/second ²	ft/s ²	metro per secondo quadrato	m/s ²	0,3048

Per convertire da	Simbolo	a	Simbolo	Moltiplica per
ENERGIA, LAVORO				
British thermal unit	Btu	joule	J	1055
foot pound-force	ft · lbf	joule	J	1,356
calorie	cal	joule	J	4,1868
wattora	Wh	joule	J	3600
POTENZA				
Btu/ora	Btu/h	watt	W	0,2931
Btu/secondo	Btu/s	watt	W	1055
horsepower	hp	watt	W	745,7
calorie/ora	cal/h	watt	W	0,0011628
CAPACITÀ REFRIGERANTE				
tons	tons	watt	W	3520
frigorie/ora	frig/h	watt	W	0,0011628
COPPIA				
pound-force foot	lbf · ft	newton metro	N · m	1,356
kilogrammo-forza metro	kgf · m	newton metro	N · m	9,807
DENSITÀ				
pound/cubic foot	lbf/ft ³	kilogrammo per metro cubo	kg/m ³	16,018

Per convertire da	Simbolo	a	Simbolo	Moltiplica per
PORTATA VOLUMETRICA cubic foot/minuto	ft ³ /min	metro cubo per secondo	m ³ /s	0,00047
ENERGIA SPECIFICA Btu/pound calorie/kilogrammo	Btu/lb cal/kg	joule/kilogrammo joule/kilogrammo	J/kg J/kg	2326 4,186
CALORE SPECIFICO Btu/pound · °F calorie/kilogrammo · °C	Btu/lb · °F cal/kg · °C	joule/kilogrammo · K joule/kilogrammo · K	J/kg · K J/kg · K	4,186 4,186
LUCE footcandle	fc	lux	lx	10,764
TEMPERATURA Celsius °C (variazione Δ) Fahrenheit °F (variazione Δ)	°C °F	kelvin kelvin	K K	1 5/9
Nota che la conversione tra due unità non appartenenti al SI può essere fatta tramite il rapporto tra i fattori di conversione delle singole unità.				
Esempio				
Per convertire da	a		Moltiplica per	
Celsius	Fahrenheit		1/(5/9)	
Btu/h	cal/h		0,2931/0,0011628	

Table 2.5 Parameters frequently used

DESCRIPTION	Other systems		SI system
	kcal/kg · °C	Btu/lb · °F	kJ/kg · K
Specific heat			
water	1	1	4.18
superheated steam (1)	0.5	0.5	2.09
air	0.24	0.24	1
iron	0.114	0.114	0.477
copper	0.092	0.092	0.385
mineral oil	0.486	0.486	2.034
Density		lb/ft ³ (2)	kg/m ³ (2)
water		62.5	1000
air (standard conditions)		0.08	1.29
mineral oil		57.75	925
iron		490	7850
copper		557.5	8930
natural gas		0.047	0.750
<p>Notes</p> <p>(1) average value in industrial boiler. In air-water mixture (see Chapter 13) the specific heat of superheated steam equals 1.8 kJ/kg · K (steam pressure < 0.1 MPa)</p> <p>(2) for gas, density is referred to standard conditions: 273.15 K (0°C; 32°F) and 0.1 MPa (1.013 bar; 14.69 psi).</p> <p>For an ideal gas, but widely accepted for most real gases, basic relationships (where V is the standard volume) are:</p> $V_1 = V T_1/273.15 \quad p_1 V_1 = nRT_1 = \text{constant} \cdot T_1$ <p>The density of air at T₁(K) and at standard pressure is:</p> $\text{air density}(T_1) = \frac{1.293}{(T_1/273.15)}$ <p>Notice that in some countries and in some applications the standard conditions can be referred to 288.15 K (15.6°C; 60°F) and 0.1 MPa (1.013 bar; 14.69 psi). The user should ascertain the reference conditions for each application.</p>			

Table 2.6 Net and gross calorific values of solid, liquid and gaseous fuels

FUELS	AVERAGE VALUES			
	NET	GROSS	NET	NET
<i>Solid fuels</i>	<i>kJ/kg</i>		<i>kcal/kg</i>	<i>Btu/lb</i>
Vegetal fuels	10465	16700	2500	4499
Pitch lignite	18000	36000	4300	7738
Standard coal	29302	33500	7000	12597
Charcoal	31395	34750	7500	13497
Cokery coke	29302	33000	7000	12597
Gas coke	26790	32650	6400	11517
Petroleum coke	34744	37250	8300	14936
<i>Liquid fuels</i>	<i>kJ/kg</i>		<i>kcal/kg</i>	<i>Btu/lb</i>
Crude oil	41860	44400	10000	17995
Petroleum condensates	44372	47000	10600	19075
Light petroleum distillates	43534	46150	10400	18715
Gasoline	43953	46600	10500	18895
Jet fuel	43534	46150	10400	18715
Refined kerosine	43116	45700	10300	18535
Gasoil	42697	45250	10200	18355
Fuel oil	41023	43500	9800	17636
Liquified petroleum gas	46046	49700	11000	19795
<i>Gaseous fuels</i>	<i>kJ/m³ (*)</i>		<i>kcal/m³ (*)</i>	<i>Btu/ft³ (*)</i>
Natural gas	34325	38450	8200	921
Cokery gas	17791	19900	4250	478
Blast furnace gas	3767	4200	900	101

(*) see note Table 2.5

Table 2.7 Conventional densities of fuels

FUELS	kg/m ³ (*)	lb/ft ³ (*)
Gasoline	734	45.8
Gasoil	825	51.5
Oil	925	57.7
LPG	565	35.3
Natural gas	0.75	0.047
Standard coal	800	43.9
Vegetal fuels	400	24.3
(*) see note Table 2.5		

Table 2.8 Ratios between end-users energy and purchased energy

TYPES OF TRANSFORMATION		TRANSFORMATION COEFFICIENT	UNIT	NOTE
To convert from	to			
oil	steam	12-14	kgsteam/kgoil	boiler
natural gas	steam	9-11	kgsteam/Sm ³	boiler
electricity	cold fluid (HVAC)	12000-16000	kJ/kWh	compressor
electricity	cold fluid (below ice point)	3000-10000	kJ/kWh	compressor
electricity	compressed air (0.8 MPa)	7-9	Sm ³ /kWh	compressor
electricity	heat	3600	kJ/kWh	resistor
electricity	heat	10000-15000	kJ/kWh	heat pump
oil	electricity	4	kWh/kg	utility plant
oil	electricity	8	kWh/kg	cogeneration plant
electricity	water storage	150-250	t · m/kWh	pump
electricity	lighting	50-100	lm/W	lamps

CENNI SUI SISTEMI DI MISURA

I SISTEMI DI MISURA SI DIVIDONO IN DUE GRANDI GRUPPI:

- MISURATORI CHE EFFETTUANO L'INTEGRALE DELLA POTENZA O DELLA PORTATA FORNENDO UNA GRANDEZZA CUMULATA IN UN CERTO INTERVALLO DI TEMPO
- SISTEMI CHE RILEVANO I VALORI ISTANTANEI ED EFFETTUANO, SE NECESSARIO, L'INTEGRAZIONE MEDIANTE SISTEMI DI CALCOLO ESTERNI (MICROPROCESSORI, PC, ETC.)

MISURATORI DI PORTATA

I MISURATORI DI PORTATA DI FLUIDI (LIQUIDI, VAPORI, GAS) SONO:

MISURATORI VOLUMETRICI, MISURATORI DI VELOCITÀ, MISURATORI DI PREVALENZA (CON ORIFIZIO TARATO), TUBO DI PITOT, VORTEX, ALTRI SISTEMI

MISURATORI DI GRANDEZZE ELETTRICHE

MISURATORI DI CORRENTE ELETTRICA, DI TENSIONE, DI POTENZA ATTIVA-REATTIVA-APPARENTE, DI ENERGIA ATTIVA-REATTIVA-APPARENTE, DI FATTORE DI POTENZA

MISURATORI DI TEMPERATURA, PRESSIONE

PER OGNI APPROFONDIMENTO SI RIMANDA ALLA BIBLIOGRAFIA.

LE FORMULE BASE ED I NUMERI DA RICORDARE

FORMULA 1

$$\begin{array}{l} \text{massa} \\ \text{kg} \end{array} * \begin{array}{l} \text{calore specifico} \\ \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} \end{array} * \begin{array}{l} \Delta T \\ \text{K} \end{array} = \begin{array}{l} \\ \text{[kJ]} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{portata in} \\ \text{kg/s} \end{array} * \begin{array}{l} \text{calore specifico} \\ \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} \end{array} * \begin{array}{l} \Delta T \\ \text{K} \end{array} = \begin{array}{l} \\ \text{[kW]} \end{array}$$

$$\text{massa} * \Delta \text{entalpia} = \text{[kJ]}$$

$$\text{portata in} * \Delta \text{entalpia} = \text{[kW]}$$

$$\text{kg/s} * \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = \text{[kW]}$$

FORMULA 2

$$P_{\text{pompa}} = q * \rho * H * \frac{9,81}{\eta} \quad [\text{W}]$$
$$m^3/s * kg/m^3 * m * m/s^2 \quad [\text{W}]$$

FORMULA 3

$$P_{\text{compressione isoterma}} = p_1 * q_1 * \ln(p_2/p_1)/1000 \quad [\text{kW}]$$
$$\text{Pa} * m^3/s * \text{rapp. di compress.} \quad [\text{kW}]$$

FORMULA 4

$$Q = A * \Delta T * u = A * \Delta T / R_{\text{th}} \quad [\text{W}]$$
$$m^2 * K * \frac{W}{m^2 * K} \quad K / \frac{m^2 * K}{W}$$

FORMULA 5

$$p * v = K * T \quad \text{legge per i gas ideali}$$
$$\text{Pa} * m^3 \quad K$$

10 VALORI BASE DA RICORDARE

calore specifico

acqua	4,18	kJ/kg*K
aria	1	kJ/kg*K
vapore surriscaldato (0,5 ÷ 1 MPa)	2	kJ/kg*K
vapore surriscaldato (nell'aria atmosferica)	1,8	kJ/kg*K
densità aria (Sm ³)	1,29	kg/m ³
densità metano (Sm ³)	0,75	kg/m ³
potere calorifico inferiore olio c.	41860	kJ/kg
potere calorifico inferiore metano	34535	kJ/Sm ³
contenuto entalpico vapore	2500 ÷ 2700	kJ/kg
fabbisogno termico di un edificio	10-20	W/m ³

LINK UTILI

www.unipv.it/electric

(didattica/materiale didattico / insegnamento di energetica elettrica per il testo
GIOVANNI PETRECCA,

INDUSTRIAL ENERGY MANAGEMENT: PRINCIPLES AND APPLICATIONS,

KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, BOSTON, 1993

<http://www.edison.it/edison/site/it/csr/environment/EMAS-papers/index.html>

Per visionare le Dicharazioni Emas della EDISON SPA

Gestione Termoelettrica 1

Gestione Termoelettrica 2

Gestione Termoelettrica 3

Gestione Idroelettrica

Settore Idrocarburi