



Regione Lombardia



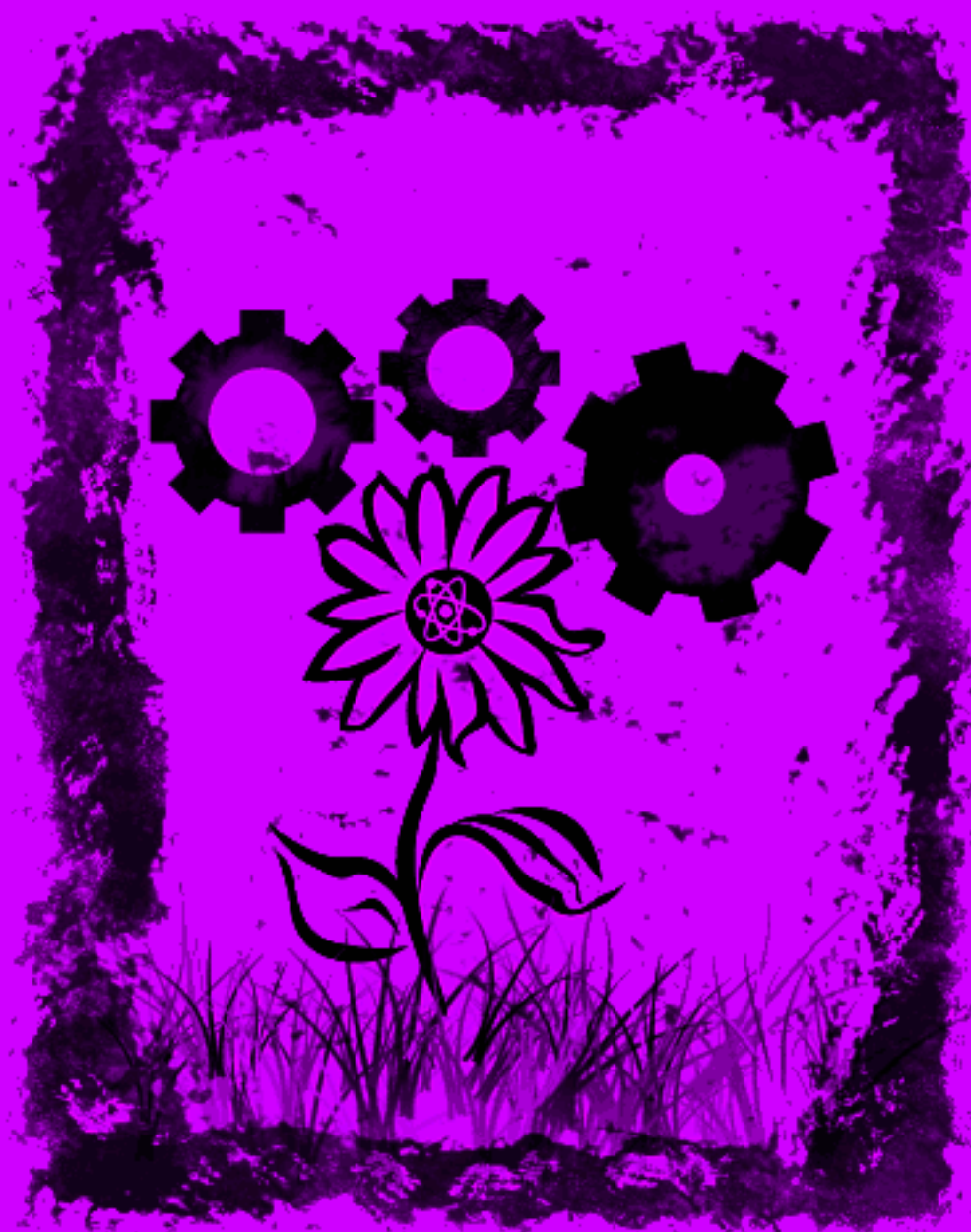
Comune di Varese



CREA Varese



LEGAMBIENTE



KYOTO E CAMBIAMENTI CLIMATICI

# TECNOLOGIA E AMBIENTE: UN RAPPORTO DIFFICILE

# TECNOLOGIA E AMBIENTE: UN RAPPORTO DIFFICILE

## INTRODUZIONE

Cominciamo col definire i due termini in questione. Tecnologia: dal greco "tekhnologhia", significa letteralmente "discorso sull'arte" ed assume nei secoli il significato di ambito multidisciplinare di ricerca e sviluppo di soluzioni, legate soprattutto ai processi produttivi. Ambiente: In biologia (principalmente in ecologia) indica tutto ciò che può influire direttamente sul metabolismo o sul comportamento di un organismo o specie vivente, compresi luce, aria, acqua, terreno ed altri esseri viventi. (Fonte: <http://it.wikipedia.org>).

Detto questo, vediamo come il loro rapporto si è modificato con il trascorrere del tempo.

Agli inizi della sua storia l'uomo, al pari degli altri animali, affidava la propria sopravvivenza alla raccolta di vegetali, alla caccia ed alla pesca, attività che svolgeva in piena sintonia con i cicli naturali. Le prime modifiche del territorio di un certo rilievo coincisero con l'avvento dell'agricoltura. Inizialmente, però, tale attività (ben lontana da quella "intensiva" alla quale siamo abituati oggi) conservava un certo equilibrio naturale tra i prodotti ricavati dal suolo e gli scarti riversati nell'ecosistema. Anche perché i rifiuti solidi, costituiti da materiale biodegradabile (legno, pellame, fibre di origine animale e vegetale) potevano essere "riassorbiti" dall'ambiente in tempi piuttosto rapidi e senza particolari conseguenze. Le prime forme di inquinamento di una certa entità vanno fatte risalire all'urbanizzazione. Con la nascita delle prime grandi città cominciò a manifestarsi il problema dello smaltimento delle acque reflue (che però, non contenendo ancora sostanze chimiche di sintesi, una volta convogliate verso fiumi e mari non causavano danni particolari) e del riscaldamento delle abitazioni che, per l'uso di legname e carboni fossili, era fonte di produzione di fumi e polveri. Fino ad alcuni secoli or sono si trattava, tuttavia, di fenomeni circoscritti alle poche, grandi città.

A cominciare dalla fine del 1800, invece, con l'incremento delle popolazioni legato allo sviluppo della civiltà industriale, il fenomeno degli scarti delle attività umane e dell'inquinamento cominciò a farsi consistente, unitamente a quello, non certo secondario, dell'uso sempre più imponente delle risorse naturali. Con la nascita delle aree metropolitane le acque reflue aumentarono a livelli tali da far sì che gli specchi d'acqua naturali non fossero più in grado di accoglierle senza danni. Inoltre i rifiuti solidi e gli scarti industriali cominciarono a creare problemi di smaltimento, essendo rilasciati in quantità sempre più elevate e sottoforma di materiali difficilmente o per nulla degradabili come metalli e materie plastiche. Nei pressi delle zone industriali acqua ed atmosfera cominciarono ad essere contaminate da dosi crescenti di solventi, gas, vapori, fuliggine, polveri ed anche le campagne, con il progressivo avvento di un'agricoltura meccanizzata di tipo intensivo ed il crescente impiego di pesticidi, non restarono immuni da alterazioni. Cambiarono i mezzi di trasporto e le abitudini delle popolazioni, sicché il fenomeno non rimase circoscritto solo a pochi ambiti. Fu l'inizio del così detto "inquinamento globale" che per via dei venti, delle correnti oceaniche e dei flussi di materia nelle catene alimentari ha finito con l'interessare anche le zone più remote, dove gli insediamenti inquinanti sono assenti. Nel corso dell'evoluzione culturale dell'uomo, insomma, lo sviluppo tecnologico ha apportato indiscutibili vantaggi, ma per via dell'utilizzo indiscriminato di spazio e di risorse naturali, nonché per i suoi imponenti "effetti collaterali" dovuti alle sostanze riversate nell'ambiente, ha originato anche situazioni negative la cui ricaduta, oltre che sulla natura, incide sull'uomo stesso a livello di salute, di risorse economiche e di qualità della vita. Oggi più che mai queste considerazioni devono essere oggetto di riflessione e stimolare un cambiamento, anche e soprattutto culturale, affinché tecnologia ed ambiente possano finalmente andare a braccetto e non essere più concetti in contrapposizione.

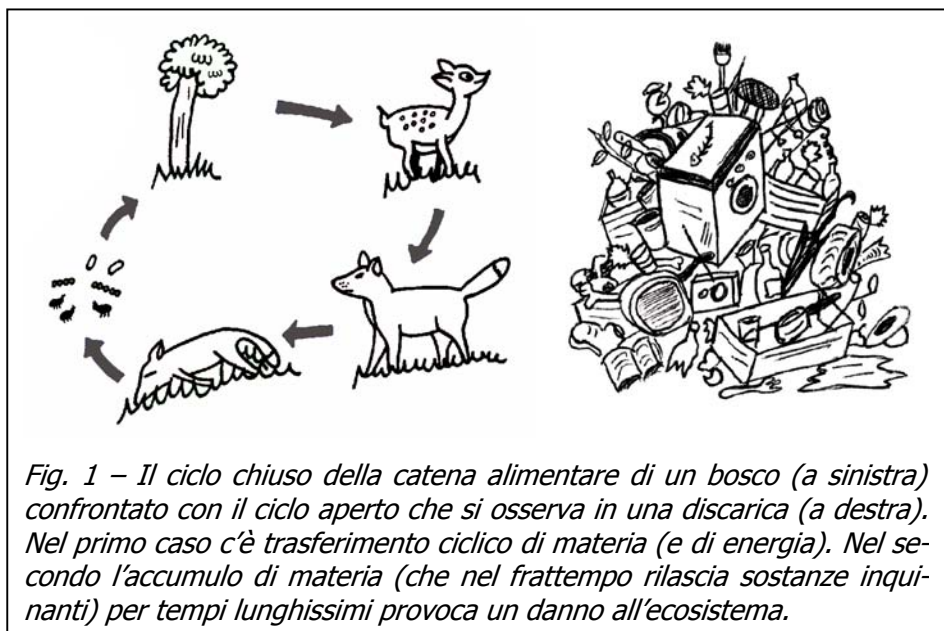
# 1) CICLI CHIUSI E CICLI APERTI

La natura si autosostiene – e può continuare a farlo nel lungo periodo senza gravi alterazioni – perché “funziona” attraverso cicli chiusi. Tali, ad esempio, sono quelli dell’acqua, del carbonio, del fosforo e dell’azoto, per ricordare i più studiati tra i così detti “cicli biogeochimici”, processi attraverso i quali avviene la circolazione di elementi chimici ed energia attraverso scambi tra ambiente fisico ed organismi viventi. Procedendo in questo modo la natura non conosce il concetto di rifiuto, perché tutto ciò che è “scarto” ad un certo livello diviene risorsa nel passaggio successivo del ciclo o in un secondo tempo.

Il degrado ambientale, lo sfruttamento incondizionato delle risorse e, più in generale, l’inquinamento provocano l’interruzione dei cicli naturali che, non potendo più chiudersi, rimangono aperti, sottraendo materia ed energia agli ecosistemi.

Un esempio in grado di spiegare efficacemente ed in modo molto semplice questo concetto viene dalle problematiche legate allo smaltimento dei rifiuti.

Abbiamo già detto che in natura il concetto di rifiuto è qualcosa di sconosciuto. Nelle catene alimentari si assiste al passaggio di materia ed energia (parte della quale viene dissipata sotto forma di calore) da un anello all’altro, senza che vi siano accumuli duraturi nel tempo (vedi Fig. 1), se non in situazioni particolari (è il caso, ad esempio, del petrolio).



*Fig. 1 – Il ciclo chiuso della catena alimentare di un bosco (a sinistra) confrontato con il ciclo aperto che si osserva in una discarica (a destra). Nel primo caso c'è trasferimento ciclico di materia (e di energia). Nel secondo l'accumulo di materia (che nel frattempo rilascia sostanze inquinanti) per tempi lunghissimi provoca un danno all'ecosistema.*

ta sottoforma di calore) da un anello all’altro, senza che vi siano accumuli duraturi nel tempo (vedi Fig. 1), se non in situazioni particolari (è il caso, ad esempio, del petrolio).

Gli escrementi, scarti metabolici degli animali che li hanno emessi, divengono fonte di cibo per altri organismi. Allo stesso modo le foglie morte, tutti gli scarti vegetali

ed i cadaveri degli animali rappresentano un importante rifornimento di “materia prima” per una moltitudine di altre specie che, con la propria attività di decomposizione, restituiscono la materia al mondo minerale.

Nella società umana, ed in particolare nella così detta “società dei consumi”, ciò invece non avviene. Oggetti, materiali e sostanze varie vengono prodotte ad un ritmo crescente e sovente non sono biodegradabili.

Questo determina un accumulo per tempi che possono anche essere infiniti (si pensi ai materiali plastici, inattaccabili dai batteri). Materia ed energia vengono intrappolate e di conseguenza sottratte ai cicli biogeochimici causando scompensi che negli ultimi decenni si sono fatti insostenibili per la salute degli ecosistemi terrestri e marini. In sostanza si continuano ad erodere le risorse della terra, alla quale si restituiscono rifiuti che non sono più utilizzabili e che, con la loro presenza, occupano spazio e causano inquinamento.

Occorre pertanto individuare ed applicare modelli economici, industriali e culturali (ovvero legati agli stili di vita) in grado di ricondurre l’uomo al rispetto della regola base della natura la quale riesce a garantire il mantenimento dei propri equilibri dinamici solo attraverso cicli chiusi e non interrotti.

## **2) L'USO NON SOSTENIBILE DELLE RISORSE**

Ogni attività economica umana, inevitabilmente, riduce o compromette qualitativamente risorse naturali quali alberi, suolo, aria, acqua, fauna, combustibili fossili ed altre materie prime. In particolare molte azioni hanno un impatto elevato o perché utilizzano indiscriminatamente risorse non rinnovabili o perché non danno tempo alle risorse di rinnovarsi o ancora perché il loro uso può avere come conseguenza la modifica dell'ambiente in senso peggiorativo. Questo determina un impoverimento progressivo del patrimonio naturale del nostro pianeta con ricadute negative per l'uomo stesso, oltre che per le altre specie.

### **I TERMINI DEL PROBLEMA**

Come già accennato si possono riconoscere almeno quattro differenti aspetti del problema, due di tipo quantitativo ed altrettanti di tipo qualitativo: il consumo delle risorse naturali non rinnovabili, il consumo delle risorse naturali rinnovabili per via di un utilizzo più rapido del tempo di rigenerazione, l'alterazione e la distruzione degli ecosistemi per sovrasfruttamento, l'inquinamento dovuto all'immissione nell'ambiente di sostanze derivate dall'uso delle risorse naturali. La prima questione (consumo delle risorse naturali non rinnovabili) è legato ad esempio all'uso dei combustibili fossili che ad oggi sono alla base del modello energetico dominante dei paesi industrializzati. Al ritmo attuale di utilizzo si può prevedere che le scorte di petrolio e di gas naturale potrebbero durare ancora da 40 a 100 anni (un calcolo preciso è impossibile), mentre ci sarebbe carbon fossile per altri 200 anni. Questo, inoltre, significa che mano a mano che diminuirà, il petrolio diventerà sempre di più oggetto di dispute e di conflitti internazionali. Il consumo delle risorse rinnovabili, invece, si manifesta come problema sul lungo periodo nel momento in cui tale utilizzo avviene in tempi più rapidi della loro rigenerazione. Questo fa sì che, di fatto, alcune risorse rinnovabili vengano portate sul medesimo piano di quelle esauribili, come vedremo nel paragrafo successivo.

Strettamente legati ai due aspetti quantitativi descritti, ci sono quelli qualitativi.

L'alterazione e la distruzione degli ecosistemi può essere una diretta conseguenza di uno sfruttamento dissennato delle risorse naturali che causa la modifica degli habitat e la diminuzione, se non addirittura l'estinzione, di specie con perdita di biodiversità. A questo si devono aggiungere le sostanze che, soprattutto per l'elevato utilizzo di combustibili fossili, si riversano nell'ambiente causando effetto serra ed inquinamento, tema trattato nel capitolo 4. Recentemente il "Millennium Assessment Report", redatto per conto delle Nazioni Unite, ha evidenziato che dei 24 ecosistemi che forniscono materie prime e sostengono la vita sul nostro pianeta ben 15 mostrano segni di degrado e sono sfruttati in maniera non sostenibile.

### **LA DEFORESTAZIONE: UN ESEMPIO DI CATTIVA GESTIONE DELLE RISORSE**

Gli ambienti forestali ospitano circa la metà di tutte le specie animali esistenti sulla Terra. Sono dunque un vero e proprio scrigno di biodiversità, ma la loro importanza va oltre. Sono infatti fondamentali per la produzione dell'ossigeno che tutti noi respiriamo, per la conservazione delle acque e del suolo e per mitigare l'effetto delle catastrofi naturali.

Inoltre entrano in gioco, con un ruolo di primo piano, negli equilibri climatici globali del nostro pianeta. Questo perché rappresentano la maggiore riserva di carbonio, contenendo circa l'80% del carbonio presente nella vegetazione terrestre e circa il 40% di quello presente nel suolo. Durante il così detto periodo di transizione da un tipo di foresta ad un altro a causa dei cambiamenti climatici in atto, enormi quantità di anidride carbonica potrebbero dunque essere rilasciate nell'atmosfera qualora il tasso di mortalità delle piante fosse

più veloce di quello della loro ricrescita. Non solo: le foreste hanno anche ripercussioni di notevole importanza sul clima a livello locale. Influenzano infatti la temperatura del terreno, i processi di evaporazione e traspirazione, e di conseguenza la formazione delle nuvole e le precipitazioni. Eppure, su un totale di circa 2 miliardi di ettari di foreste tropicali, ogni anno ne vengono perduti dagli 11 ai 15 milioni di ettari, una superficie paragonabile a quella di un medio Paese europeo. Per dirla in altra maniera: sulla terra ogni tre secondi scompare un'area di foresta grande come un campo di calcio. Più del 10% della foresta amazzonica nell'America del sud è stato distrutto da incendi e disboscamenti per far posto ad allevamenti e centrali elettriche.

### **3) L'IMPRONTA ECOLOGICA**

L'impronta ecologica (concetto elaborato nel 1990 da Mathis Wackernagel e William Rees) può essere definita come l'area complessivamente utilizzata da una determinata frazione della popolazione umana (un individuo, una famiglia, gli abitanti di una città, provincia, regione, nazione, ecc.) per produrre le risorse che consuma (intesa come la somma di tutte quelle legate ai beni e servizi che utilizza) e per assorbire i rifiuti che produce. È dunque un indicatore che cerca di quantificare l'uso della natura (e quindi l'impatto su di essa) da parte dell'uomo. Pur con i limiti insiti in un modello che si propone di affrontare problemi di enorme complessità e di tradurre un grande numero di variabili in un'unica unità di misura (gli ettari di pianeta utilizzati) rischiando quindi di essere eccessivamente semplicistico, l'impronta ecologica è attualmente uno degli strumenti più efficaci per renderci conto di quanta natura consumiamo rispetto a quella che abbiamo a disposizione.

In definitiva al calcolo dell'impronta ecologica concorrono le seguenti componenti: la superficie di terra coltivata per produrre l'alimento vegetale; la superficie di pascolo necessaria per l'allevamento degli animali; la superficie di foresta necessaria per la produzione di legno e carta; la superficie marina necessaria per produrre pesci, crostacei, molluschi, ecc.; la superficie terrestre necessaria per ospitare le infrastrutture edilizie (abitazioni, strade, ecc.); la superficie forestale necessaria per l'assorbimento dell'anidride carbonica risultante dal consumo energetico dell'individuo o del gruppo di individui considerati.

Dalla stessa definizione di impronta ecologica deriva che la superficie di pianeta che ciascuno di noi utilizza è una diretta conseguenza dello stile di vita. Ad esempio uno spostamento di 10 chilometri in automobile da soli concorre al calcolo dell'impronta ecologica più di uno spostamento fatto in automobile assieme ad altre persone (in questo caso, infatti, le risorse consumate vanno suddivise tra tutti gli occupanti il veicolo) o di uno spostamento fatto in bicicletta o a piedi. Allo stesso modo cibarsi di un chilo di carne di manzo (si pensi alla superficie di pascolo utilizzata dall'animale) concorre al conteggio dell'impronta ecologica assai di più che nutrirsi di un chilo di riso, acquistare in un anno venti indumenti significa consumare più risorse di chi ne acquista dieci e così via. Di conseguenza se si confrontano i dati relativi agli abitanti di diverse nazioni appare subito evidente che l'impronta ecologica è in stretto rapporto con gli stili di vita e normalmente cresce con l'aumentare della ricchezza e del livello tecnologico del Paese esaminato.

Nel 2001 la graduatoria dei 15 stati con la maggior impronta ecologica media (espressa in ettari pro capite) era la seguente: Emirati Arabi Uniti (9,9), Stati Uniti (9,5), Kuwait (9,5), Australia (7,7), Svezia (7), Finlandia (7), Estonia (6,9), Canada (6,4), Danimarca (6,4), Irlanda (6,2), Norvegia (6,2), Francia (5,8), Nuova Zelanda (5,5), Grecia (5,4), Regno Unito (5,4). L'Italia era al 31° posto con un'impronta di 3,8 ettari pro capite (fonte: WWF Living Planet Report, 2004).

La graduatoria per grandi regioni (sempre espressa in ettari pro capite) era invece la seguente: America del nord (9,2), Europa occidentale (5,1), Europa centrale e orientale (3,8), America del sud e Caraibi (2,1), Medio oriente ed Asia centrale (2,1), Asia-Pacifico (1,3), Africa (1,2) (fonte: WWF Living Planet Report, 2004).

Un altro parametro interessante da prendere in considerazione è la biocapacità (detta anche produttività pro capite) che viene definita come l'insieme dei "servizi naturali erogati dagli ecosistemi locali" stimata attraverso la quantificazione della superficie dei terreni ecologicamente produttivi (superfici arabili, superfici a pascolo, superfici marine per la produzione di pesce, superfici forestali, superfici per l'assorbimento di anidride carbonica, ecc.) presenti all'interno della regione in esame. Anche la biocapacità è espressa in ettari pro capite ed è quindi un dato confrontabile con l'impronta ecologica. La differenza tra impronta ecologica e biocapacità del territorio della popolazione presa in esame è particolarmente interessante sotto il profilo dell'equilibrio ecologico. Se l'impronta ecologica è minore della biocapacità siamo di fronte ad una situazione di sostenibilità. Se invece è maggiore significa che la popolazione in esame consuma risorse anche dai territori esterni ai suoi confini. Nella tabella sottostante vengono riportate per alcune nazioni la biocapacità (che rappresenta la disponibilità di risorse), l'impronta ecologica (che ne rappresenta il consumo) e la loro differenza (che quando è preceduta dal segno meno indica un deficit):

<b>NAZIONE</b> (dati del 2001)	<b>BIOCAPACITÀ</b> (disponibilità) in ettari pro capite	<b>IMPRONTA ECOLOGICA</b> (consumo) in ettari pro capite	<b>DIFFERENZA</b> +=surplus -=deficit in ettari pro capite
<b>Afghanistan</b>	<b>1,1</b>	<b>0,3</b>	<b>+0,8</b>
<b>Australia</b>	<b>19,2</b>	<b>7,7</b>	<b>+11,5</b>
<b>Brasile</b>	<b>10,2</b>	<b>2,2</b>	<b>+8</b>
<b>Cina</b>	<b>0,8</b>	<b>1,5</b>	<b>-0,7</b>
<b>Emirati Arabi</b>	<b>1</b>	<b>9,9</b>	<b>-8,9</b>
<b>Francia</b>	<b>3,1</b>	<b>5,8</b>	<b>-2,7</b>
<b>Giappone</b>	<b>0,8</b>	<b>4,3</b>	<b>-3,5</b>
<b>India</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>-0,4</b>
<b>Italia</b>	<b>1,1</b>	<b>3,8</b>	<b>-2,7</b>
<b>Stati Uniti</b>	<b>4,9</b>	<b>9,5</b>	<b>-4,6</b>

(Fonte: WWF Living Planet Report, 2004)

Come si può vedere l'Italia consuma più del triplo delle risorse a propria disposizione.

Gli stessi dati sono stati calcolati anche per l'intera Terra, giungendo ai seguenti risultati: biocapacità 1,8 ettari pro capite, impronta ecologica 2,2 ettari pro capite, deficit di 0,4 ettari pro capite. Ciò significa che stiamo consumando le risorse più velocemente di quanto esse si rigenerano e che quindi stiamo intaccando il capitale naturale del nostro pianeta. È una situazione che non segue la direzione di uno sviluppo sostenibile.

Come detto l'impronta ecologica può essere calcolata per gli abitanti di una nazione, di una regione o del mondo intero, ma anche per un singolo individuo. Nella pagina successiva proponiamo una tabella che permette di calcolare in modo abbastanza semplice la propria impronta ecologica. Non tutta, perché il calcolo completo dovrebbe comprendere anche i beni di consumo (vestiti, carta, prodotti per la casa, oggetti vari, ecc.), i divertimenti, l'istruzione e i rifiuti prodotti. La tabella, a cura della Rete Lilliput, è distribuita sotto la licenza copyleft. Può dunque essere liberamente utilizzata alla condizione di citare la fonte.

## TABELLA PER UN PRIMO CALCOLO DELLA PROPRIA IMPRONTA ECOLOGICA

A cura del GLT Impronta della Rete Lilliput  
(www.retelilliput.org - www.retelilliput.it)

	Unità di misura consumo	Consumo mensile	Fattore di conversione	Impronta Ecologica metri quadrati
<b>Alimenti</b>				
		<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>IE = CM x FC</b>
Pasta, riso e cereali	kg / mese	<input type="text"/>	195	<input type="text"/>
Pane e prodotti di panetteria	kg / mese	<input type="text"/>	206	<input type="text"/>
Vegetali, patate, frutta	kg / mese	<input type="text"/>	51	<input type="text"/>
Legumi	kg / mese	<input type="text"/>	452	<input type="text"/>
Latte, yogurt	litri / mese	<input type="text"/>	93	<input type="text"/>
Burro, formaggi	kg / mese	<input type="text"/>	851	<input type="text"/>
Carne (manzo)	kg / mese	<input type="text"/>	2.021	<input type="text"/>
Carne (pollame, tacchino, ecc.)	kg / mese	<input type="text"/>	363	<input type="text"/>
Carne (maiale)	kg / mese	<input type="text"/>	729	<input type="text"/>
Pesce	kg / mese	<input type="text"/>	4.981	<input type="text"/>
<b>TOTALE Alimenti</b> -----				<b>&gt;A</b>
<b>Abitazione</b>				
Elettricità	Kwh / mese	<input type="text"/>	16	<input type="text"/>
Riscaldamento (gas)	metri cubi / mese	<input type="text"/>	58	<input type="text"/>
Riscaldamento (liquido)	litri / mese	<input type="text"/>	78	<input type="text"/>
<b>TOTALE Abitazione</b> -----				<b>&gt;B</b>
<b>Trasporti</b>				
Automobile (da soli)	Km / mese	<input type="text"/>	6,4	<input type="text"/>
Automobile (in due)	Km / mese	<input type="text"/>	3,2	<input type="text"/>
Automobile (in tre)	Km / mese	<input type="text"/>	2,1	<input type="text"/>
Automobile (in quattro o più)	Km / mese	<input type="text"/>	1,4	<input type="text"/>
Taxi	Km / mese	<input type="text"/>	12,7	<input type="text"/>
Motocicletta/motorino	Km / mese	<input type="text"/>	4,7	<input type="text"/>
Autobus	Km / mese	<input type="text"/>	2,3	<input type="text"/>
Ferrovia, tram, metro	Km / mese	<input type="text"/>	2,7	<input type="text"/>
Traghetto	Km / mese	<input type="text"/>	13,7	<input type="text"/>
Aereo	Km / mese	<input type="text"/>	19,3	<input type="text"/>
<b>TOTALE Trasporti</b> -----				<b>&gt;C</b>
<b>Impronta Ecologica: A + B + C (metri quadrati) =</b>				<input type="text"/>
<b>Impronta Ecologica (in ettari) = A + B + C (metri quadrati) / 10000 =</b>				<input type="text"/>

*Istruzioni per l'utilizzo. Per calcolare una parte, ma non tutta, della propria impronta ecologica: 1) Immettere nella colonna "consumo mensile" i dati relativi al consumo di un mese utilizzando l'unità di misura indicata. 2) Effettuare la moltiplicazione fra il consumo mensile e il fattore di conversione. 3) Sommare l'impronta ecologica delle voci di ogni categoria (Alimenti, Abitazione e Trasporti) e scrivere i totali in corrispondenza delle celle indicate con A, B e C. 4) Sommare i valori di A, B e C e scrivere il risultato nella rispettiva casella. 5) Dividere questo valore per 10.000: si ottiene in questo modo l'impronta ecologica stimata in ettari; esprimere il risultato con una sola cifra decimale (es. 3,9 o 5,4, ecc.). (Fonti: "Calcola l'impronta ecologica del tuo contesto locale" foglio di calcolo sviluppato dal centro ricerche "Best Foot Forward" per il progetto indicatori Comuni Europei; Household Ecological Footprint Calculator, © Redefining Progress, v 3.2, febb. 2003, Produced by Mathis Wackemagel, Chad Monfreda, Diana Deumling and Ritik Dholakia; si ringrazia per questo lavoro in particolare Stefano Caserini del Politecnico di Milano e del Nodo di Lodi della Rete Lilliput).*

## 4) L'INQUINAMENTO

### DEFINIZIONE

Con il termine inquinamento si intende l'alterazione, rispetto ai valori naturali, di una determinata caratteristica ambientale, causata in particolare dall'attività dell'uomo.

Se si vuole porre l'accento sui danni provocati a livello sanitario, biologico ed economico l'inquinamento può essere invece definito come l'introduzione in atmosfera, nell'acqua e nel suolo da parte dell'uomo di sostanze e di forme di energia la cui conseguenza sia tale da nuocere alla salute degli organismi viventi e degli ecosistemi e compromettere le possibilità di uso di questi ultimi da parte dell'uomo stesso.

Comunque sia, indipendentemente dalle numerose fonti che si potrebbero citare, l'inquinamento viene sempre attribuito, per definizione, alle attività umane.

### TIPI DI INQUINAMENTO

In base ai parametri ambientali considerati ed alle diverse sostanze riversate nell'ambiente si possono riconoscere differenti tipologie di inquinamento. In questa sede tratteremo sinteticamente l'inquinamento idrico, atmosferico, del suolo, acustico, luminoso, termico, elettromagnetico, fotochimico, radioattivo, biologico.

• **Inquinamento idrico:** oltre all'ingresso indiretto nelle acque di sostanze contaminanti presenti in atmosfera e nel suolo (ad esempio i fertilizzanti e gli antiparassitari utilizzati in agricoltura), si registra anche un inquinamento diretto dovuto per lo più a scarichi di attività industriali o alle acque reflue urbane che immettono elementi contaminanti nelle acque dolci di fiumi e laghi o in quelle salate dei mari. Questi, oltre ad alterare la composizione chimica dell'acqua, possono anche modificarne alcuni parametri fisici, come ad esempio la tensione superficiale.

Gli scarichi industriali possono riguardare una vasta gamma di sostanze organiche ed inorganiche provenienti dai vari cicli produttivi. In alcuni casi si può trattare di sostanze estremamente pericolose quali arsenico, cromo, solventi ed altro ancora.

Gli effluenti urbani contengono per lo più le sostanze di scarto del metabolismo umano, solventi, detersivi. Questo tipo di reflui possiede un'elevata carica batterica.

Un caso particolare, ma purtroppo non infrequente, di inquinamento delle acque è dato dallo sversamento di petrolio in caso di incidente delle navi che lo trasportano, ma anche per il lavaggio delle cisterne delle petroliere.

In definitiva si parla di inquinamento chimico quando nell'acqua vengono immesse sostanze che ne alterano la composizione e di inquinamento batteriologico quando lo scarico eleva la carica batterica delle acque.

L'inquinamento delle acque, oltre a causare gravi danni alla salute dell'uomo, degli altri organismi viventi e degli ecosistemi, può avere pesanti ripercussioni a livello economico. Si pensi, ad esempio, agli scarichi che comportano il divieto di balneazione, compromettendo una risorsa importante come il turismo.

• **Inquinamento atmosferico:** si verifica quando agenti fisici, chimici e biologici modificano le caratteristiche naturali dell'atmosfera e quindi la sua composizione a livello qualitativo e/o quantitativo.

Di particolare attualità sono le polveri sottili, ovvero quelle particelle che si trovano in sospensione nell'aria e che vengono classificate in base alle proprie dimensioni. Ben noto è il PM10, composto dall'insieme delle particelle presenti nell'aria con diametro inferiore ai 10 micron (milionesimo di metro = millesimo di millimetro). Ancor più pericolosi sono il PM2,5 ed il PM1, insieme delle polveri che hanno rispettivamente un diametro inferiore a 2,5 e a 1 micron e che, proprio per questo, possono eludere i filtri presenti nelle vie respiratorie,



raggiungere gli alveoli polmonari e penetrare nel sangue. La composizione chimica di queste polveri sottili composte da minuscole particelle solide e liquide è piuttosto varia, comprendendo metalli pesanti, solfati, nitrati, ammonio, carbonio organico, idrocarburi aromatici policiclici, diossine, furani ed altre sostanze ancora che si formano durante le combustioni, nel corso di attività produttive o in seguito a processi meccanici (ad esempio gli attriti). Le principali fonti di questo tipo di inquinamento sono dunque il traffico veicolare, l'agricoltura, la selvicoltura, l'industria, l'artigianato, l'edilizia. Gli effetti delle polveri sottili vanno dalle affezioni del sistema cardiocircolatorio e delle vie respiratorie, all'aumento del rischio di sviluppare tumori, all'ingresso di sostanze tossiche nella catena alimentare a causa del loro assorbimento da parte dei vegetali.

Un ruolo importante nell'inquinamento atmosferico lo riveste anche il piombo, un metallo utilizzato nell'edilizia, nella costruzione delle batterie per autoveicoli e, in passato, nella benzina in qualità di antidetonante. L'assorbimento del piombo da parte dell'organismo causa diverse patologie, per lo più a carico del sistema nervoso centrale.

Un'altra categoria di inquinanti atmosferici è rappresentata dai gas, alcuni dei quali sono indicati nella tabella seguente unitamente alle cause di contaminazione ed agli effetti sulla salute umana e sull'ambiente.

<b>SOSTANZA</b>	<b>FONTI DI EMISSIONE</b>	<b>EFFETTI</b>
<b>Anidride Carbonica</b>	Combustioni, traffico veicolare.	Aumento dell'effetto serra ed alterazione del clima.
<b>Benzene</b>	Traffico veicolare, industrie chimiche, processi di raffinazione del petrolio.	Sostanza cancerogena che può provocare, in particolare, leucemie.
<b>Biossido di zolfo</b>	Combustioni, attività industriali, riscaldamento domestico, traffico veicolare.	Irritazione agli occhi ed alle vie aeree, danni all'apparato respiratorio, piogge acide.
<b>Clorofluorocarburi</b>	Impianti di refrigerazione, bombole spray.	Danni allo strato di ozono dell'atmosfera, effetto serra.
<b>Idrocarburi vari</b>	Combustioni incomplete da traffico veicolare, raffinazione del petrolio.	Irritazione alle mucose, effetto serra, smog fotochimico. Alcuni sono cancerogeni.
<b>Monossido di carbonio</b>	Processi di combustione incompleta, traffico veicolare, processi di raffinazione del petrolio, fonderie.	Danni al sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare. Al di sopra di 3.000 parti per milione è letale in 30 minuti.
<b>Ossidi di azoto</b>	Traffico veicolare, impianti di riscaldamento, attività industriali.	Infiammazione delle mucose, malattie respiratorie, piogge acide.
<b>Ozono</b>	Si forma per reazioni fotochimiche tra ossidi di azoto ed idrocarburi le cui fonti di inquinamento sono legate principalmente al traffico veicolare, agli impianti di riscaldamento e alle attività industriali.	Danni a carico dell'apparato respiratorio.

• **Inquinamento del suolo:** può essere dovuto alla presenza di rifiuti solidi (ad esempio materie plastiche, pile, vetro, ecc.) o a contaminanti liquidi come concimi, fertilizzanti, solventi, idrocarburi, pesticidi, liquami fognari ed altro ancora.

In alcuni casi questo inquinamento è dovuto a sostanze che si accumulano in atmosfera e che successivamente raggiungono il suolo attraverso le precipitazioni. Si pensi ad esempio alle piogge acide.

La presenza di tali sostanze può determinare l'alterazione dello stato chimico-fisico-biologico del suolo causando perdita di fertilità, predisposizione all'erosione ed ingresso di sostanze dannose nella catena alimentare con fenomeni di bioaccumulo.

Strettamente connesso all'inquinamento del suolo è quello delle falde acquifere che scorrono negli strati profondi del terreno.

• **Inquinamento acustico:** si riferisce ad una esposizione dell'ambiente, urbano o naturale che sia, a rumori e suoni di elevata intensità.

Le cause dell'inquinamento acustico possono essere ricercate nel traffico veicolare, nel passaggio di aeroplani, nelle fabbriche, nei cantieri, in particolari attività ludiche e sportive (discoteche, competizioni motoristiche).

Gli effetti possono riguardare la salute umana (problemi psicologici, alterazioni della pressione sanguigna, stress, danni all'apparato acustico) oppure gli ecosistemi (perdita di biodiversità causata dall'abbandono del territorio da parte delle specie più sensibili che non trovano più un habitat adatto).

Sebbene riconosciuta sin dai tempi antichi, questa forma di alterazione dell'ambiente è stata a lungo sottovalutata. Negli ultimi anni, tuttavia, anche per l'attivazione di molti comitati cittadini, a questo inquinamento viene posta maggior attenzione. Malgrado ciò, sotto il profilo dell'integrità acustica l'ambiente urbano risulta sovente ben poco rispettoso della salute dei cittadini.

Possibili rimedi possono essere rappresentati, ad esempio, da barriere antirumore poste ai margini delle strade a percorrenza veloce, alberature, pannelli fonoassorbenti ed isolanti utilizzati nell'edilizia.

• **Inquinamento luminoso:** è dovuto all'alterazione dei livelli di luce rispetto a quelli naturalmente presenti, causato dalle attività umane (illuminazioni stradali e legate alle abitazioni, fari, ecc.). Ne risultano danni agli animali (perdita di orientamento durante gli spostamenti e le migrazioni), alle piante (alterazione del fotoperiodo) e all'uomo (modifiche del ritmo circadiano con possibili scompensi metabolici).

Tutt'altro che trascurabili sono anche i problemi a livello culturale e scientifico. L'inquinamento luminoso, infatti, impedisce l'osservazione della volta celeste e quindi la contemplazione e lo studio di stelle e pianeti, rendendo estremamente difficoltosa l'astronomia, tanto a livello amatoriale, quanto nell'ambito della ricerca.

Tutti questi effetti negativi sono oltretutto accompagnati da uno spreco di energia che viene inutilmente indirizzata verso una parte di ambiente che non solo non ha bisogno di essere illuminata, ma che dovrebbe rimanere al buio.

• **Inquinamento termico:** è quello relativo ad un'immissione di calore che altera la temperatura di un ambiente.

L'esempio più classico è quello fornito dagli impianti industriali che riversano nei fiumi, nei laghi o nei mari tonnellate di acqua calda precedentemente utilizzata nei sistemi di raffreddamento dei macchinari.

L'ingresso di una grande massa di acqua calda in uno specchio d'acqua causa l'alterazione dell'habitat di molte specie viventi ed il degrado di interi ecosistemi.

• **Inquinamento elettromagnetico:** è l'alterazione ambientale dovuta alla presenza al di sopra dei livelli naturali di radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti prodotte ad esempio da emittenti televisive e radiofoniche, elettrodomestici, tralicci, antenne per la telefonia mobile ed elettrodomestici.

Si tratta di una forma di inquinamento di cui si è cominciato a parlare soprattutto negli ultimi anni. Quanto ai danni sulla salute umana, in attesa di studi epidemiologici che necessitano lunghi periodi di indagine, i pareri sono attualmente discordanti. In particolare va definita con precisione la correlazione tra l'irraggiamento con onde magnetiche non ionizzanti e l'insorgere di tumori e leucemie. Nel frattempo occorre fare appello al così detto "principio della cautela" ovvero considerare che impianti come quelli descritti possono costituire un pericolo per la salute umana.

• **Inquinamento fotochimico:** chiamato anche "smog fotochimico", si origina in particolari condizioni ambientali e meteorologiche (è necessaria una temperatura di almeno 18 °C) ed in presenza di ossidi di azoto e composti organici volatili (entrambi legati al traffico veicolare) che reagiscono sotto l'azione della luce ultravioletta dei raggi solari. Questa reazione conduce alla produzione di svariate sostanze tossiche per l'uomo, gli animali ed i vegetali. Tra questi figura l'ozono che causa irritazione alle mucose e danni a carico dell'apparato respiratorio.

• **Inquinamento radioattivo:** è l'aumento artificiale (dovuto quindi alle attività umane) di radioattività rispetto ai livelli naturali. Per un approfondimento tecnico su questa forma di inquinamento, la cui comprensione richiede una certa conoscenza di chimica e fisica, si rimanda a testi o siti specializzati.

In questa sede ci limitiamo a ricordare che le principali cause di inquinamento radioattivo sono rappresentate dal malfunzionamento delle centrali nucleari (a tale proposito si consulti al capitolo 5 il paragrafo dedicato al disastro di Cernobyl), da incidenti durante il trasporto di materiale radioattivo, dallo smaltimento delle scorie delle centrali e dalla contaminazione di materiali ferrosi e da costruzione.

Si tratta di una forma di inquinamento estremamente pericolosa in quanto l'esposizione ad alti livelli di radioattività può produrre effetti gravissimi sulla salute con danni che possono andare dall'eritema, alla perdita dei capelli, alle leucemie ed altre forme tumorali.

• **Inquinamento biologico:** con questo termine si intende l'introduzione in un ecosistema, effettuata dall'uomo anche accidentalmente, di una specie estranea (animale o vegetale) proveniente da un altro ambiente o da un'altra zona geografica. Si tratta di un fenomeno che sta assumendo proporzioni sempre più elevate e che può avere conseguenze disastrose ed irreversibili su specie ed interi ecosistemi.

Le specie estranee, una volta introdotte nel nuovo ambiente, possono produrre effetti di tipo diretto, ad esempio entrando in competizione con quelle già naturalmente presenti. E' il caso, ad esempio, della testuggine palustre dalle orecchie rosse (*Trachemys scripta*), di origine americana, che è stata introdotta in Europa per essere venduta nei negozi come animale ornamentale.

Quando, in tempi successivi, questa specie ha cominciato a colonizzare gli ambienti naturali ne ha sofferto la testuggine autoctona (*Emys orbicularis*). In altri casi gli effetti possono essere indiretti. Ne è un esempio la distruzione di alcuni ambienti palustri europei (con problemi per le specie che li abitano) da parte della Nutria, roditore introdotto dall'America del sud ed allevato per la produzione di pellicce. Per questo tipo di inquinamento i rimedi sono legati alla promulgazione di leggi che limitino il più possibile l'importazione di organismi viventi da altre zone geografiche ed alla realizzazione di campagne informative finalizzate a far conoscere la problematica all'opinione pubblica.

## 5) CERNOBYL ED ALTRE CATASTROFI

La storia è costellata di "incidenti tecnologici" che hanno avuto gravi ripercussioni su ambiente, salute ed economia umana. Fiducia cieca nel progresso, sfide impossibili da parte dell'uomo alle leggi della chimica e della fisica, impianti obsoleti, ricerca esasperata del guadagno e spregio della vita umana e di ogni regola di sicurezza sono stati gli elementi alla base dei più gravi disastri dell'era industriale. Ne citiamo alcuni che devono essere considerati un monito per ricordare come il vero progresso non deve mai prescindere dal buon senso, dalla cautela e dal rispetto delle regole della natura.

### LA TRAGEDIA NUCLEARE DI CERNOBYL

Durante la notte tra il 25 ed il 26 aprile del 1986, nel reattore numero 4 (realizzato con una tecnologia scarsamente affidabile) della centrale di Cernobyl, in Ucraina, mentre era in corso di svolgimento un test sulla sicurezza avvenne il più grave disastro nucleare della storia. Una squadra di tecnici era intenta a verificare se, nel caso di un calo di potenza, le turbine fossero in grado di produrre una quantità di energia tale da garantire il funzionamento delle pompe di raffreddamento fino all'attivazione del generatore diesel di emergenza. Per evitare l'interruzione dell'esperimento i sistemi di sicurezza furono volutamente disattivati. L'alimentazione del reattore avrebbe dovuto essere ridotta al 25% del normale, ma qualcosa non andò come previsto e la potenza scese addirittura al di sotto dell'1%, livello al quale l'instabilità diventa dominante. Fu quindi necessario aumentare gradualmente l'alimentazione rimuovendo le barre di controllo, ma qualcosa non andò nel verso giusto e a causa dell'instabilità del sistema si verificò un rapido ed esagerato incremento di potenza e temperatura. Gli impianti di emergenza, disattivati, non poterono entrare in funzione e un tentativo di arresto di emergenza reinserendo le barre di controllo non andò a buon fine. Di conseguenza alle ore 1, 23 minuti e 44 secondi si verificò una violentissima esplosione che distrusse il pesantissimo coperchio dell'edificio che conteneva il reattore. La deflagrazione, e l'incendio che ne seguì immediatamente dopo, liberarono un enorme quantitativo di isotopi radioattivi nell'atmosfera. Fu l'inizio della tragedia, causata da un drammatico insieme di imperizia, incoscienza ed arretratezza tecnologica.

I primi interventi furono effettuati allo scopo di spegnere l'incendio ed interrompere l'emissione di materiale radioattivo. Numerosi uomini (i così detti "liquidatori") vennero impiegati (senza adeguati equipaggiamenti e senza essere informati sui reali rischi) allo scopo di iniettare acqua fredda nel nocciolo della centrale. Una trentina di elicotteri sorvolarono il reattore riversando piombo e sabbia allo scopo di estinguere il fuoco, ma senza alcun risultato, finché il reattore fu raffreddato tramite azoto e l'incendio fu domato. Per gli operatori delle squadre di emergenza impiegate immediatamente dopo l'esplosione le conseguenze sulla salute furono terribili. I 45.000 abitanti di Pripyat, città distante appena 4 chilometri dalla centrale, furono evacuati in autobus 36 ore dopo l'incidente. Il governo dell'Unione Sovietica non informò dell'incidente la comunità internazionale che fu invece avvisata dalla Svezia, le cui strumentazioni rilevarono quanto era accaduto.

Al momento dell'incidente i territori maggiormente contaminati (nord dell'Ucraina, sud ed est della Bielorussia, confine occidentale tra Russia e Bielorussia) erano abitati da 7 milioni di persone. La nazione maggiormente colpita, per via della corrente dei venti che ha spinto la nube radioattiva, è stata la Bielorussia. Effetti sensibili si sono registrati anche su buona parte dell'Europa.

In seguito la messa in sicurezza del reattore fu eseguita mediante un "sarcofago" in acciaio che attualmente presenta buchi e crepe da cui fuoriescono materiali radioattivi.

A distanza di vent'anni gran parte dei territori colpiti è ancora pesantemente contaminata con gravi danni per la salute umana e per l'economia agricola.

Quanto alle vittime, è difficile stabilirne un numero esatto, ma tra decessi immediati per esposizione acuta, morti per tumori (per lo più alla tiroide) ed altre patologie si può affermare che il tributo in termini di vite umane e di sofferenza è stato elevatissimo. Oggi numerose associazioni sono impegnate nell'ospitalità per almeno un mese all'anno di bambini provenienti dalle zone contaminate al fine di abbassarne la radioattività presente nei tessuti ed elevarne la speranza di vita.

### **IL MERCURIO DI MINAMATA**

Il nome di questa cittadina giapponese, che si affaccia sull'omonima baia, è tristemente legato ad una gravissima intossicazione da mercurio organico che ha colpito numerosi suoi abitanti. A causarla è stata l'attività della Chisso, "colosso" della chimica, che tra gli anni '30 e gli anni '60 ha utilizzato cloruro e solfato di mercurio, riversando in mare i propri scarichi. Il mercurio, entrato nella catena alimentare, è stato assorbito da molluschi, crostacei e pesci che, resistenti ad un avvelenamento acuto, continuavano a finire nelle reti dei pescatori e venivano abbondantemente consumati dagli abitanti della città. I primi a manifestare i sintomi dell'intossicazione, intorno alla metà degli anni '50, furono i gatti, particolarmente sensibili al mercurio. Molti felini (divenuti famosi come i "gatti di Minamata") manifestarono una "sindrome danzante" dovuta all'encefalite tossica e, seppure tardivamente, contribuirono ad indirizzare i ricercatori verso l'origine del problema, inizialmente considerato "misterioso" tanto da parlare di "morbo di Minamata". Nell'uomo i più colpiti furono i pescatori ed i loro famigliari con danni a carico del sistema nervoso quali alterazione della sensibilità, tremori, convulsioni, difficoltà ad articolare il linguaggio, riduzione del campo visivo, disturbi mentali, malattie congenite nei neonati. Solo nel 1968 il governo di Tokyo ha riconosciuto ufficialmente la correlazione tra la patologia e gli scarichi di mercurio. Nel complesso l'intossicazione è stata diagnosticata a migliaia di persone con circa 1.500 decessi. Inoltre per parecchi anni non è stato possibile l'utilizzo di pesce che rappresentava una risorsa importante per l'economia di Minamata.

### **BHOPAL: 20.000 MORTI PER L'ISOCIANATO DI METILE**

La tragedia di Bhopal, città dello stato indiano del Madhya Pradesh, rappresenta il peggior disastro chimico di tutti i tempi. Poco dopo la mezzanotte del 2 dicembre del 1984 dagli impianti della Union Carbide, azienda produttrice del "Sevin", potentissimo insetticida, fuoriuscirono 40 tonnellate di isocianato di metile. La nube tossica investì innanzitutto la baraccopoli in cui vivevano gli abitanti più poveri di Bhopal. 7.000 persone morirono nell'arco di pochi giorni per intossicazione acuta, ma in seguito altre 15.000 sono decedute per le conseguenze della contaminazione da isocianato di metile. Inoltre nella zona si è registrato un aumento dei casi di tumore e di malformazioni alla nascita. Secondo le stime delle autorità locali il totale delle persone colpite direttamente o indirettamente dall'incidente della Union Carbide ammontano a 800.000. Per comprendere il grado di contaminazione al quale è ancora oggi sottoposto l'ambiente è sufficiente sapere che l'acqua (che viene comunque utilizzata dalla popolazione locale) è soggetta a livelli di inquinamento 500 volte superiori ai limiti stabiliti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Oltre ad essere stata una delle più gravi tragedie tecnologiche della storia, il disastro di Bhopal è anche ricordato come uno dei peggiori esempi di cinismo al servizio del profitto. Nei primi anni '70 la Union Carbide aveva tentato di monopolizzare il mercato indiano dei pesticidi realizzando l'impianto di Bhopal. L'operazione non aveva però avuto successo e, dopo alcuni anni di attività costellati da incidenti di minore entità, nel 1983 la produzione di "Sevin" cessò. Negli impianti, abbandonati a se stessi, rimasero però diverse tonnellate

di isocianato di metile che successivamente, a causa dell'incuria e del mancato funzionamento dei sistemi di sicurezza (gli apparati di refrigerazione erano stati disattivati per abbattere il più possibile i costi) e di allarme, dettero origine alla nube tossica. Una volta avvenuto l'incidente la Union Carbide rifiutò di fornire alle autorità locali le informazioni legate alla sostanza inquinante, rendendo ancor più difficili le operazioni di soccorso. In seguito la ditta ha negoziato con il governo indiano un rimborso iniquo rispetto al danno provocato, come irrisori sono risultati i rimborsi alle vittime. A tutt'oggi l'area non è ancora stata bonificata.

### **LA DIOSSINA DI SEVESO**

Il 10 luglio del 1976 nello stabilimento dell'Icmesa, a Meda, un reattore per la produzione di triclorofenolo (utilizzato per disinfettanti e cosmetici) cominciò a surriscaldarsi oltre i limiti previsti. Per scongiurare l'esplosione del reattore furono aperte le valvole di sicurezza, ma a causa dell'eccessivo calore la reazione condusse alla formazione di diossina. Questa sostanza fuoriuscì e venne trasportata dal vento sotto forma di nube tossica che interessò i comuni di Meda, Seveso (quello maggiormente coinvolto), Cesano Maderno e Desio.

I primi segnali dell'incidente furono l'odore acre e l'irritazione delle mucose, ma alcune persone furono colpite anche dalla così detta cloracne, eruzione cutanea dovuta al contatto con il cloro contenuto nella diossina. Gli effetti generali sulla salute della nube tossica, ancora oggi oggetto di studi, allora erano poco conosciuti e proprio per questo ancor più preoccupanti. Nella zona A, ovvero quella maggiormente colpita, le case furono abbattute e venne rimosso lo strato più superficiale del terreno, mentre nella zona B fu emanato il divieto di allevare animali e dar luogo a coltivazioni. Sebbene non si registrarono decessi, il rischio di malformazione dei feti, l'evacuazione delle abitazioni ed i pericoli per la salute sconvolsero la comunità locale.

Pur nella drammaticità dell'evento, oggi si può affermare che la vicenda di Seveso ha rappresentato l'occasione per giungere ad una più corretta considerazione di questo tipo di problematiche. All'epoca dell'incidente non esistevano leggi sul rischio industriale, la cui regolamentazione è stata avviata in tempi successivi a livello comunitario con quella che è nota, appunto, come "Direttiva Seveso". Inoltre, a ricordo dell'incidente e quale simbolo, al tempo stesso, del suo superamento, nella zona A sorge attualmente il "Bosco delle Querce", ampio e bellissimo parco urbano realizzato dopo le operazioni di bonifica.

## **6) SVILUPPO SOSTENIBILE E AGENDA 21**

Abbiamo visto che ogni "azione tecnologica" comporta inevitabilmente un impatto negativo sull'ambiente o perché emette sostanze inquinanti o per il consumo di risorse e di spazio. Per consentire al pianeta di sopravvivere a lungo termine l'uomo dovrebbe allora abbandonare ogni modernità per tornare ad essere, come nella preistoria, un animale come tanti altri, perfettamente in sintonia con l'ecosistema? La soluzione, ovviamente, va ricercata altrove.

Un possibile modello per non intaccare le risorse del pianeta è rappresentata dal così detto "sviluppo sostenibile", ovvero quello sviluppo che consente di soddisfare le necessità umane presenti, senza compromettere la possibilità delle future generazioni di soddisfare i medesimi bisogni. Questa definizione, che cerca di coniugare aspettative di benessere e di crescita economica con il rispetto e la conservazione dell'ambiente, ha visto la luce nel 1987 in occasione del Rapporto Brundtland, redatto dalla norvegese Gro Harlem Brundtland, allora presidente della "Commissione mondiale su ambiente e sviluppo".

Lo sviluppo sostenibile, strettamente legato al concetto di utilizzo razionale delle risorse, comprende tre fattori: l'aspetto economico, la tutela dell'ambiente e la responsabilità sociale, dipendenti uno dall'altro e tutti necessari a garantire stabilità al sistema. Per questo lo sviluppo sostenibile viene sovente rappresentato simbolicamente come uno sgabello (sedile semplice e sobrio, ma stabile) a tre gambe, il quale cede se viene a mancare uno dei tre punti di appoggio. Il concetto di sviluppo sostenibile, e più in generale quello di "sostenibilità", sono legati all'impiego razionale delle risorse che devono essere utilizzate ad un ritmo inferiore a quello della loro rigenerazione. In assenza di questo presupposto non può esserci sviluppo sostenibile.

Viene ovviamente da chiedersi quali passi siano stati mossi da quel giorno del 1987 per tradurre in realtà il concetto di sviluppo sostenibile.

Dopo la "Conferenza su ambiente e sviluppo" che si è svolta a Rio de Janeiro nel 1992, 178 nazioni, tra cui l'Italia, hanno sottoscritto "Agenda 21", un documento che rappresenta una dichiarazione di intenti per politiche economiche, sociali ed ambientali finalizzate ad una conservazione delle risorse naturali.

Un passaggio importante di questa carta è rappresentato dalla costituzione delle Agende 21 locali, istituite per stimolare le comunità locali, attraverso un processo consultivo e condiviso, a ricercare strategie per uno sviluppo sostenibile.

I passaggi nei quali si articola un'Agenda 21 locale sono:

- **l'attivazione di un forum:** tutti i soggetti implicati nelle strategie ambientali (istituzioni, operatori economici, associazioni, ecc.) si coordinano all'interno di un forum per dar vita al processo;
- **consultazione permanente:** ha la funzione di individuare attraverso il confronto i bisogni, le risorse che possono essere impiegate nel processo, gli eventuali conflitti di interesse tra le componenti della comunità al fine di individuare punti di forza e punti critici;
- **redazione di un rapporto sul territorio:** attraverso questo passaggio si acquisiscono dati ambientali, sociali ed economici;
- **definizione degli obiettivi:** consiste nell'individuazione degli obiettivi concreti in ordine di priorità e dei tempi in cui gli stessi devono essere raggiunti;
- **piano di azione ambientale:** rappresenta il programma di azioni concrete da porre in essere per raggiungere gli obiettivi prefissati nei tempi stabiliti definendo gli "attori" che si faranno carico della loro attuazione;
- **valutazione e aggiornamento del piano:** fasi necessarie per verificare l'effettiva efficacia del piano che eventualmente può essere modificato.

## 7) LA TECNOLOGIA AMICA DELL'AMBIENTE

Maggiore efficienza, minor impatto, migliori alternative. Queste le direzioni verso le quali deve tendere la ricerca per divenire rispettosa dell'ambiente e promuovere uno sviluppo che sia davvero sostenibile.

Per maggior efficienza si intende l'ottimizzazione del rendimento delle risorse. Oggi nelle attività umane gran parte dell'energia viene perduta per l'impiego di tecnologie scarsamente efficienti, sprechi, usi impropri. Questo accade tanto a livello di centrali di produzione energetica, quanto da parte dell'utilizzatore finale. Ad esempio nelle centrali termoelettriche, dove vengono bruciate risorse importanti ed inquinanti come i combustibili fossili, il rendimento medio è pari al 40%. Ciò significa che delle 100 unità di energia contenute nei legami chimici di petrolio, carbone o gas naturale, solamente 40 vanno a buon fine, tra-

sformandosi in energia elettrica, mentre le altre 60 vengono dissipate sotto forma di calore. Le centrali più moderne, realizzate con nuove tecnologie, raggiungono invece rendimenti del 65%, dunque assai superiori, ma ancora caratterizzati da una perdita piuttosto elevata. Una soluzione già attuabile, ma ancora poco impiegata, è data dagli impianti di micro-cogenerazione diffusa che riescono a recuperare il calore sprigionato dalla combustione e lo utilizzano negli impianti di riscaldamento come energia termica. In questo modo si arriva a sfruttare più del 90% dell'energia potenzialmente presente nel combustibile di partenza. È inoltre necessario abbattere il più possibile l'impatto ambientale delle attività umane. Infine, scegliere le migliori alternative significa sostituire le tecnologie inquinanti con altre non inquinanti, a cominciare dalle fonti di produzione di energia.

### **EFFICIENZA ENERGETICA E RISPARMIO: IL RUOLO DEI CITTADINI**

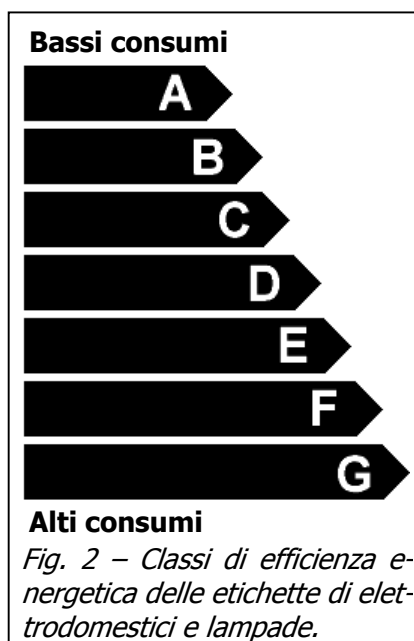
Una parte considerevole del contributo all'effetto serra deriva dall'utilizzo di energia elettrica nelle abitazioni. Leggi, Direttive e Regolamenti, compresi quelli per migliorare l'isolamento termico degli edifici possono dunque contribuire in maniera sostanziale alla riduzione delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera. Nel suo piccolo ciascun cittadino può dunque dare il suo apporto. Ad esempio, maggiore è l'efficienza energetica delle lampadine e degli elettrodomestici che vengono utilizzati, minore è l'impatto sull'ambiente. Un tempo erano usate soprattutto le lampade ad incandescenza (quelle "classiche", contenenti un filamento) che però nel produrre luce dissipano molta energia sotto forma di calore. Oggi si stanno invece affermando sempre più le lampade a fluorescenza che grazie a valori di efficienza nettamente superiori consentono di risparmiare, a parità di luce emessa, anche il 75% di energia. Queste lampade a fluorescenza hanno un prezzo più elevato di quelle ad incandescenza, ma se si considera che durano da 6 a 12 volte tanto e che contribuiscono ad "alleggerire" la bolletta, se ne deduce che il loro acquisto è in realtà conveniente.

Per quanto riguarda frigoriferi, lavatrici, lavastoviglie, lampade e forni elettrici, in Italia è obbligatoria su tali prodotti la presenza di un'etichetta che ne illustra le caratteristiche, tra cui il consumo annuale di energia elettrica espresso in kWh (kilowatt/ora) e la classe di efficienza energetica. Quest'ultima è rappresentata da una lettera che va dalla A (la migliore, perché in questo caso il prodotto garantisce i minori consumi energetici) alla G (la peggiore).

Ovviamente, considerato che il 20% delle emissioni è legato al settore industriale e che un'analoga frazione deriva dal consumo dei carburanti da parte degli autoveicoli, si rende indispensabile provvedere ad introdurre la razionalizzazione ed il recupero energetico anche nei sistemi produttivi e ad ottimizzare il sistema dei trasporti.

### **LE ENERGIE RINNOVABILI**

Oltre ai combustibili fossili (petrolio, carbone, gas naturale) e nucleari (uranio), che hanno una disponibilità limitata ed il cui uso, come già visto, non è privo di impatto ambientale, esistono fonti energetiche che, per la loro capacità di rigenerarsi in tempi più o meno brevi, sono considerate, di fatto, inesauribili. Tra queste rientrano l'energia solare (fotovoltaica e termica), l'energia eolica, l'energia idroelettrica, l'energia geotermica, l'energia ricavata da biomasse, l'energia del mare. Sta alla ricerca, attraverso la messa a punto di tecnologie sempre più efficienti, riuscire ad utilizzare queste fonti nel migliore dei modi.



*Fig. 2 – Classi di efficienza energetica delle etichette di elettrodomestici e lampade.*



- **Energia solare:** il sole rende disponibile sulla superficie terrestre una quantità di energia pari a 15.000/30.000 volte l'attuale fabbisogno mondiale. Tutto sta nel riuscire a "catturarla" e renderla utilizzabile. Al momento le tecnologie si distinguono in 'solare termico' per la produzione di calore (acqua calda e riscaldamento degli edifici) e 'solare fotovoltaico' per la produzione di elettricità.
- **Energia eolica:** questa energia, che già nei secoli scorsi l'uomo ha cominciato a sfruttare mediante i mulini a vento, deriva dal movimento delle masse d'aria e dalla loro energia cinetica. Nelle centrali eoliche questa viene "catturata" e trasformata in energia meccanica dalle pale della turbina collegata ad un generatore che produce energia elettrica. È necessario che questi impianti vengano localizzati in modo opportuno al fine di minimizzare il loro impatto sugli ecosistemi e sulla fauna selvatica.
- **Energia idroelettrica:** è quella che si può ottenere dalla caduta d'acqua da un punto più alto ad uno più basso. Gli impianti sfruttano quindi l'energia potenziale meccanica racchiusa nell'acqua che si trova ad una quota più elevata rispetto a quella in cui sono posizionate le turbine. Sono da preferire le così dette centrali minidroelectriche, di dimensioni ridotte ed impatto ambientale limitato.
- **Energia geotermica:** in alcune zone del pianeta, acqua calda proveniente dagli strati profondi del suolo fuoriesce sotto forma di getti o di vapore oppure viene estratta. Questa acqua ad altissima temperatura può essere utilizzata per il riscaldamento urbano o per alimentare centrali geotermoelettriche nelle quali si produce elettricità.
- **Energia da biomasse:** è quella ricavabile dall'utilizzo come combustibile di una serie di materiali di scarto eterogenei di natura organica (ad eccezione di plastiche e materiali fossili) come scarti della lavorazione del legno e delle aziende agricole e zootecniche, liquami, residui forestali, rifiuti urbani. Questo utilizzo non contribuisce all'effetto serra in quanto non vi è alcun contributo netto all'aumento del livello di anidride carbonica in atmosfera. Durante la combustione viene infatti rilasciata una quantità di CO<sub>2</sub> equivalente a quella assorbita durante la crescita della biomassa stessa.
- **Energia del mare:** è legata ai movimenti delle maree ed ai relativo "salire" e "scendere" di grandi masse di acqua. Un problema in fase di risoluzione è quello di minimizzare l'impatto ambientale dei generatori sugli ecosistemi marini.

## APPENDICE

### UN GIOCO SULLO SVILUPPO SOSTENIBILE

Qui di seguito forniamo la spiegazione di un gioco di ruolo per riflettere su sviluppo sostenibile ed uso razionale delle risorse.

Sono necessari un conduttore (ad esempio l'insegnante), alcuni giocatori (gli alunni) e un po' di fagioli (o altri piccoli oggetti). I partecipanti si siedono attorno ad un tavolo sul quale vengono posizionati alcuni fagioli che costituiscono la posta in gioco. Il numero di fagioli è in rapporto al numero di giocatori secondo la formula  $2 \times \text{numero giocatori} + 2$  (ad esempio se i giocatori sono 8 devono essere messe sul tavolo 18 fagioli).

Al segnale di inizio dato dal conduttore, ciascun giocatore potrà prendere dal tavolo tutti i fagioli che vuole. Al segnale di "stop" il conduttore raddoppierà il numero di fagioli rimasti sul tavolo, con il solo limite che non dovrà mai essere superata la posta iniziale del gioco. Vince il gioco (e l'eventuale premio, meglio se divisibile come ad esempio un certo numero di caramelle) il partecipante che arriva ad avere un quantitativo di fagioli pari a  $2 \times \text{numero giocatori} + 4$  fagioli (nel nostro caso 20 fagioli).

Il conduttore deve limitarsi ad illustrare le regole appena esposte, senza fornire ulteriori spiegazioni. Solitamente al "via!" del conduttore i giocatori si impossessano immediatamente di tutti i fagioli, senza lasciarne sul tavolo nemmeno uno. In questo caso il conduttore dichiara finito il gioco senza che vi sia alcun vincitore. Infatti le regole parlavano chiaro: "dopo lo stop verrà raddoppiato il numero di fagioli rimasto sul tavolo e siccome non ne sono rimasti la partita è terminata".

A questo punto il conduttore potrà dare inizio ad una seconda manche e sarà interessante verificare se, dopo un'opportuna riflessione su quanto accaduto nella partita precedente, i giocatori adotteranno dei comportamenti finalizzati ad ottimizzare il prelievo dei fagioli in funzione del raggiungimento del premio. Solitamente si verificano accordi tra i partecipanti per favorire il raddoppio della posta e far sì che qualcuno riesca a vincere il premio (magari dopo aver stipulato un patto per dividerlo tra tutti). Il conduttore potrà però disturbare i tentativi di accordo dando improvvisamente il "via!", cosa che talvolta fa sì che qualcuno dei giocatori finisca con l'arraffare l'intera posta, senza tuttavia raggiungere il numero di fagioli richiesto per aggiudicarsi il premio. Insomma, solo se saranno posti in essere atteggiamenti "consapevoli" e "compatibili" (come prelevare solo un numero limitato di fagioli senza provocarne l'"estinzione") qualcuno potrà vincere.

Alla fine del gioco sarà interessante fare emergere le impressioni di ciascun partecipante ed il conduttore/insegnante avrà il compito di stimolare una riflessione sul gioco e sui suoi significati. Non è difficile individuare una metafora dell'ambiente e di concetti quali sviluppo sostenibile, esauribilità delle risorse, importanza dell'autoregolamentazione dei comportamenti per evitare di giungere ad un punto di irreversibilità, necessità di smorzare l'individualismo e di cooperare con gli altri per il raggiungimento di un obiettivo comune.

## **APPROFONDIMENTI IN RETE**

### **DOCUMENTI IN FORMATO PDF DISPONIBILI IN INTERNET**

"Cambio di clima – Meno consumi, più energia pulita per salvare il pianeta" – Legambiente in collaborazione con il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca  
[www.legambiente.com/documenti/2005/0114\\_cambioDiClima/opuscoloenergia.pdf](http://www.legambiente.com/documenti/2005/0114_cambioDiClima/opuscoloenergia.pdf)

"Rapporto Living Planet 2002" - WWF  
[www.wwf.it/ambiente/dossier/Dossier%2027def2.pdf](http://www.wwf.it/ambiente/dossier/Dossier%2027def2.pdf)

### **PAGINE WEB**

Pagina del sito di AzzeroCO<sub>2</sub> in cui è possibile calcolare le proprie emissioni di CO<sub>2</sub>  
[www.azzeroco2.it/calcolatore.php](http://www.azzeroco2.it/calcolatore.php)

Pagina all'interno del Sito del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.) sull'inquinamento radioattivo  
[http://fisica.cib.na.cnr.it/~monaco/inquinamento\\_radioattivo.htm](http://fisica.cib.na.cnr.it/~monaco/inquinamento_radioattivo.htm)

Pagina del sito di Legambiente Seveso sul progetto "Ponte della memoria"  
[www.legambienteseveso.org/html/frame02.html](http://www.legambienteseveso.org/html/frame02.html)

Pagina del sito del Ministero dell'Ambiente con un gioco didattico sulle energie rinnovabili  
[www2.minambiente.it/sito/settori\\_azione/iar/FontiRinnovabili/ragazzi/parco\\_giochi.htm](http://www2.minambiente.it/sito/settori_azione/iar/FontiRinnovabili/ragazzi/parco_giochi.htm)

Pagina del sito del Ministero dell'Ambiente dedicata alle energie rinnovabili  
[www2.minambiente.it/sito/settori\\_azione/iar/FontiRinnovabili/Home.asp](http://www2.minambiente.it/sito/settori_azione/iar/FontiRinnovabili/Home.asp)

Pagina del sito del WWF Italia in cui si può calcolare la propria impronta ecologica  
[www.wwf.it/ambiente/sostenibilita/calcoloimpronta.asp](http://www.wwf.it/ambiente/sostenibilita/calcoloimpronta.asp)

Pagina del sito della Provincia di Bologna in cui si può calcolare la propria impronta ecologica  
[www.provincia.bologna.it/ambiente/impronta\\_ecologica/calcolatore\\_intro.htm](http://www.provincia.bologna.it/ambiente/impronta_ecologica/calcolatore_intro.htm)

Pagina del sito di Punto Energia su Agenda 21 locale in provincia di Varese  
[www.puntoenergia.com/agenda21varese/home.htm](http://www.puntoenergia.com/agenda21varese/home.htm)

Pagina del Sito dell'Università degli Studi di Milano – Istituto di Fisica Generale Applicata sulle polveri sottili  
[www.brera.unimi.it/istituto/atmosfera/particolato.htm](http://www.brera.unimi.it/istituto/atmosfera/particolato.htm)

### **SITI INTERNET**

Sito di Ambienteitalia – Istituto di ricerche  
[www.ambienteitalia.it](http://www.ambienteitalia.it)

Sito di Azzeroco<sub>2</sub>, iniziativa per promuovere la riduzione di emissioni di anidride carbonica  
[www.azzeroco2.it](http://www.azzeroco2.it)

Sito dell'Enea – Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente  
[www.enea.it](http://www.enea.it)

Sito dell'Istituto Sviluppo Sostenibile Italia  
[www.issi.it](http://www.issi.it)

Sito di Legambiente Direzione Nazionale  
[www.legambiente.com](http://www.legambiente.com)

Sito di Legambiente Lombardia  
[www.legambiente.org](http://www.legambiente.org)

Sito del Progetto Humus, con informazioni dettagliate sul disastro di Cernobyl  
[www.progettohumus.it](http://www.progettohumus.it)

Sito del WWF Italia  
[www.wwf.it](http://www.wwf.it)

*Dispensa curata e realizzata dal dott. Sergio Luoni per il CREA della provincia di Varese*

*Copertina: Maurizio Giani*

# CREA

**Centro Regionale per l'Educazione Ambientale in provincia di Varese**

**Via Busca, 14 – Varese**

**Tel. 0332.241519 – Fax 0332.280401**

**E-mail: [crea.va@comune.varese.it](mailto:crea.va@comune.varese.it)**

-----

La Regione Lombardia è l'ente che ha dato vita ai Centri Regionali (o di Riferimento) di Educazione Ambientale - CREA, i quali hanno sede territoriale in ogni provincia. Questi centri, finanziati con il contributo regionale, hanno lo scopo di infondere la responsabilità e la coscienza ambientale tra la cittadinanza.

Il Comune di Varese conduce dal punto di vista amministrativo e gestionale il CREA per tutta l'area della provincia di Varese. La sede del CREA è a Varese, in uno degli stabili di proprietà pubblica.

Legambiente è l'Associazione che gestisce i programmi tecnici del CREA nella provincia di Varese, proponendo i percorsi, organizzando e divulgando l'educazione ambientale.

*La presente dispensa può essere liberamente ridistribuita ed il suo contenuto utilizzato per scopi educativi e didattici non commerciali purché vengano citati gli autori e le fonti relative a testi, tabelle, grafici ed illustrazioni di cui viene fatto uso.*

Edizione aggiornata al marzo 2007



**Regione Lombardia**



**Comune di Varese**



**CREA Varese**



**LEGAMBIENTE**