INVENIS

3

Direttore

Gian Piero Joime
Università degli Studi Guglielmo Marconi

Comitato scientifico

Marco Casini
Sapienza – Università di Roma

Umberto Di Matteo
Università degli Studi Guglielmo Marconi

Fabio Massimo Frattale Mascioli
Sapienza – Università di Roma

Gian Piero Joime
Università degli Studi Guglielmo Marconi

Antonello Rizzi
Sapienza – Università di Roma

INVENIS

La mente che si apre a una nuova idea non torna mai alla dimensione precedente.

Albert Einstein

La collana *Invenis* sviluppa una riflessione scientifica multidisciplinare, attraverso l'analisi degli aspetti teorici e lo studio di casi concreti, sul rapporto tra l'innovazione tecnologica e lo sviluppo economico e sociale. L'assunto di base è che l'innovazione tecnologica applicata alle reti e ai sistemi territoriali, come in passato ha rappresentato un elemento abilitante per lo sviluppo economico e la modernizzazione sociale, in futuro assumerà un ruolo di primo piano per le continue applicazioni di un nuovo modello sociale ed economico. Modello che, coniugando la rivoluzione informatica con quella energetica, muta i sistemi di produzione e di consumo, trasformando radicalmente gli stili di vita di parti sempre più consistenti della popolazione mondiale.

Claudio Lena, Lucia Pirollo

Sostenibilità delle risorse naturali

Strumenti e tecnologie innovative verso la green economy

Aracne editrice

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXVII
Gioacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

www.gioacchinoonoratieditore.it
info@gioacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20
00020 Canterano (RM)
(06) 45551463

ISBN 978-88-255-0274-9

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.

Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.

I edizione: maggio 2017

A Claudia e Grazia

Noi non abbiamo ereditato il mondo dai nostri padri, ma lo abbiamo avuto in prestito dai nostri figli e a loro dobbiamo restituirlo migliore di come lo abbiamo trovato.

ROBERT BADEN-POWELL

Indice

15 *Introduzione*

19 Capitolo I
Il Sistema Ambiente
1.1. Introduzione, 19 – 1.2. L'uso del termine ambiente, 20 – 1.3. Nozione di ambiente in senso ecologico, 21 – 1. 4. Nozione di ambiente in senso giuridico, 23 – *1.4.1. Elaborazione legislativa in ambito UE,* 24 – *1.4.2. Elaborazione legislativa italiana,* 25 – 1.5. Biosfera, biomi ed ecosistemi, 26 – 1.6. La biodiversità, 27 – *1.6.1. Le minacce alla biodiversità,* 28 – *1.6.2. Il valore della biodiversità e le conseguenze della sua perdita,* 31 – 1.7. L'influenza su scale multiple delle attività umane sulle dinamiche vitali dell'ecosistema, 32 – 1.8. Le modifiche all'ambiente: l'inquinamento, 37

41 Capitolo II
Lo sviluppo sostenibile
2.1. Introduzione, 41 – 2.2. Il percorso della sostenibilità, 43 – 2.3. La politica ambientale internazionale, 47 – *2.3.1. La conferenza di Rio de Janeiro,* 47 – *2.3.2. L'Agenda 21 e le Agende 21 locali,* 48 – *2.3.3. La convenzione quadro sui cambiamenti climatici ed il protocollo di Kyoto,* 50 – *2.3.4. Il vertice di Johannesburg,* 50 – *2.3.5. Rio + 20, il vertice dello Sviluppo Sostenibile,* 53 – 2.4. La politica ambientale comunitaria, 55 – 2.5. La politica ambientale italiana, 57 – 2.6. Gli indicatori di sostenibilità ambientale, 63 – *2.6.1. Il modello PSR,* 63 – *2.6.2. Il modello DPRS,* 61 – *2.6.3. L'impronta ecologica,* 66 – 2.7. I planetary boundaries, 68

73 Capitolo III
Le tecnologie per la sostenibilità
3.1. Tecnologia ed innovazione tecnologica, 73 – *3.1.1. Innovazioni incrementali e radicali,* 75 – 3.2. Le tecnologie ambientali, 76 – 3.3. La Direttiva IPCC ed il concetto di BAT, 78 – 3.4. La gestione delle tecnologie ambientali, 80 – *3.4.1. Identificazione delle migliori tecnologie ambientali,* 83 – 3.5. Ostacoli relativi all'implementazione delle tecnologie ambientali, 85 – 3.6. Clean Production e Pollution Prevention, 87 – *3.6.1. L'applicazione dei principi della CP/PP,* 87 – 3.7. Le biotecnologie ambientali, 91 – *3.7.1. L'azione dei microrganismi,* 92 – *3.7.2. Le principali tecniche di Bioremedation,* 92 – *3.7.3. Vantaggi e limiti del biorisanamento,* 95

97 Capitolo IV
Le risorse naturali
4.1. Definizione, 97 – 4.2. Risorse naturali rinnovabili e non rinnovabili, 99 – 4.3. Risorse e riserve, 100 – 4.4. Il prezzo delle risorse naturali, 103 – 4.5. La scarsità delle risorse, 104 – *4.5.1. La misurazione della scarsità delle risorse e crescita economica,* 106 – 4.6. L'individuazione dell'uso ottimale delle risorse, 114 – 4.7. L'analisi della interdipendenza tra risorse e produzione, 122

125 Capitolo V
Il comparto aria
5.1. Definizione, 125 – 5.2. La qualità dell'atmosfera, 126 – 5.3. Problemi su scala planetaria, 126 – *5.3.1. L'impoverimento dell'ozono stratosferico,* 127 – *5.3.2. Le piogge acide,* 130 – *5.3.3. L'aumento dell'effetto serra,* 131 – *5.3.4. I cambiamenti climatici,* 136 – 5.4. Strumenti di intervento per la protezione del clima, 151 – *5.4.1. Politiche e misure,* 152 – *5.4.2. Meccanismi flessibili,* 157 – *5.4.4. Strumenti volontari,* 165 – 5.5. Misura di risposta ai cambiamenti climatici nell'UE e in Italia, 167 – *5.5.1. Misure di mitigazione,* 169 – *5.5.2. Misure di adattamento,* 172 – *5.5.3. Ripercussioni economiche dei cambiamenti climatici in Europa,* 176 – *5.5.4. Situazione attuale e prospettive*, 178 – *5.5.5. I costi dei cambiamenti climatici in Italia,* 184 – 5.6. Utilizzo di nuove tecnologie, 185 – *5.6.1. Tecnologie CCS, cattura e stoccaggio CO_2,* 185 – *5.6.2. Utilizzo e prospettive di sviluppo delle CCS,* 190 – 5.7. I problemi su scala locale: l'inquinamento dell'aria, 193 – *5.7.1. Caratteristiche dei principali inquinanti,* 196 – *5.7.2. La diffusione ambientale degli inquinanti e l'inquinamento transfrontaliero,* 204 – *5.7.3. Fonti antropogeniche di inquinamento dell'aria,* 207 – *5.7.4. L'impatto dell'esposizione agli inquinanti,* 211 – 5.8. Tutela della qualità dell'aria, 213 – *5.8.1. Norme relative alla definizione di standard di qualità,* 214 – *5.8.2. Misurazione e monitoraggio,* 216 – 5.9. Utilizzo di nuove tecnologie, 221 – *5.9.1. Tecnologie di depurazione di fumi provenienti da ciminiere di impianti industriali,* 222 – *5.9.2. Cogenerazione,* 224 – *5.9.3. Teleriscaldamento,* 225 – *5.9.4. Carburanti alternativi,* 227 – *5.9.5. Veicoli elettrici,* 230 – *5.9.6. Convertitori catalitici,* 232 – *5.9.7. Tecnologia Exhaust Gas Recirculation,* 234 – 5.10. Misure di protezione dell'aria, 235 – *5.10.1. Misure di intervento sulle attività produttive,* 235 – *5.10.2. Misure di intervento sul riscaldamento residenziale,* 236 – *5.10.3. Misure di intervento sul settore della mobilità e dei trasporti,* 238

255 Capitolo VI
Il comparto acqua
6.1. La risorsa acqua, 255 – 6.2. La distribuzione della risorsa acqua, 256 – 6.3. Disponibilità e consumi, 258 – 6.4. Gli usi dell'acqua, 260 – 6.5. La water footprint, 263 – 6.6. L'inquinamento dell'acqua, 265 – *6.6.1. I principali inquinanti delle acque,* 278 – 6.7. La tutela della qualità dell'acqua, 281 – *6.7.1. Norme relative alla tutela e al risanamento delle acque,* 281 – *6.7.2. Gli indicatori di qualità delle acque,* 286 – *6.7.3. Monitoraggio e biomonitoraggio delle acque,* 271 – 6.8. Lo stato della qualità delle acque in Europa ed in Italia, 295 – 6.9. Tecnologie di trattamento delle acque, 298 – *6.9.1. La depurazione,* 299 – *6.9.2. Tecnologie innovative per la depurazione,* 301 – *6.9.3. Tecnologie ecocompatibili: la depurazione naturale,* 306 – *6.9.4. Tecnologie per la valorizzazione delle acque reflue,* 310 – 6.10. La depurazione in Italia, 313 – 6.11. L'ottimizzazione dell'uso delle risorse idriche, 317 – 6.12. La gestione

economica delle risorse idriche, 320 – *6.12.1. La determinazione del valore economico,* 321 – *6.12.2. Il water pricing,* 323 – *6.12.3. La gestione privata della distribuzione,* 327 – *6.12.4. La situazione in Europa e in Italia,* 328

333 Capitolo VII
I rifiuti
7.1. Definizione di rifiuto, 333 – 7.2. I "non rifiuti", 335 – *7.2.1. Le materie prime secondarie,* 337 – *7.2.2. I sottoprodotti,* 337 – *7.2.3. I prodotti di recupero,* 339 – *7.2.4. Le terre e le rocce da scavo,* 339 – 7.3. La normativa in materia di rifiuti, 339 – *7.3.1. I piani regionali di gestione dei rifiuti,* 345 – 7.4. Il trattamento dei rifiuti, 346 – *7.4.1. La raccolta,* 348 – 7.5. Tecnologie per il recupero/riciclo sostenibile dei rifiuti, 348 – *7.5.1. Il riciclaggio,* 348 – *7.5.2. Tecnologie per il recupero di energia,* 354 – *7.5.3. Tecnologie per il recupero della frazione umida,* 360 – 7.6. Il conferimento in discarica, 362 – 7.7. La produzione e la gestione dei rifiuti, 367 – *7.7.1. Produzione e gestione dei rifiuti Italia*, 370 – 7.8. La gestione sostenibile del ciclo beni/rifiuti, 378 – 7.9. La gestione integrata dei rifiuti, 382 – 7.10. La strategia Zero Waste, 384

389 Capitolo VIII
Verso un'economia verde
8.1. L'economi verde come quadro integrante per le politiche ambientali, 389 – *8.2.* Le politiche dell'UE per sostenere la transizione verso l'economia verde, 391 – 8.3. La geen economy in Italia, 392 – 8.4. Dall'economia lineare all'economia circolare, 398 – *8.4.1. i principi strategici dell'economia circolare,* 400 – 8.5. Il modello dell'economia circolare nell'Unione Europea, 403 – 8.5.1. I vantaggi dell'economia circolare, 409 – 8.6. Conclusioni, 410

411 *Bibliografia*

Introduzione

L'uomo, sin dalla sua origine, ha sfruttato il territorio non soltanto per viverci, come gli altri esseri della biosfera, ma anche per ricavarne materiali utili ed energia, allo scopo di migliorare le proprie condizioni di vita. Le attività umane incidono sull'ambiente modificando il territorio, le acque, il paesaggio e il clima mentre modificano al contempo l'economia e l'organizzazione sociale.

Questo sfruttamento delle risorse naturali all'inizio non ha procurato grandi danni, in quanto l'ambiente è stato sempre in grado di autoregolarsi. Con la prima rivoluzione industriale ha avuto inizio quello sviluppo economico che ha portato come conseguenza principale il miglioramento della qualità della vita, l'aumento della popolazione mondiale e l'aumento della richiesta di beni.

Fino al 1950 gli effetti dell'inquinamento non si sono manifestati in maniera evidente, ciò dovuto al fatto che le maggiori fonti immettevano nell'ambiente concentrazioni di inquinanti tali che consentivano un naturale riequilibrio dell'ambiente stesso. Dopo il 1950, sotto l'esigenza della ricostruzione, cominciarono a manifestarsi le problematiche ambientali generate da un progressivo, eccessivo sfruttamento dell'ambiente stesso. Ciò ha portato a conseguenze di particolare significato sulle risorse non rinnovabili come ad esempio il petrolio, la cui formazione ed accumulo, limitato ad aree del nostro pianeta ben limitate, hanno richiesto tempi geologici.

Per valutare appieno il ritmo di utilizzazione delle risorse naturali è sufficiente citare che gli Stati Uniti negli ultimi trenta anni hanno consumato più minerali di quanto l'intera umanità avesse fatto in precedenza, sin dalla sua origine.

L'impatto antropico, cioè l'insieme di effetti che le attività dell'uomo hanno sull'ambiente che lo circonda, ha infatti raggiunto nell'ultimo secolo una velocità e profondità di influenza senza precedenti nella storia naturale. Gli effetti sono molteplici e stanno letteralmente cambiando l'aspetto del nostro pianeta con conseguenze potenzialmente disastrose. Come tutte le specie, l'uomo modifica il territorio in cui si trova per renderlo più confortevole e avvicinarlo alle sue esigenze di sopravvivenza. Con lo sviluppo dell'agricoltura, per esempio, si è posto alla costante ricerca di terreni adatti alla coltivazione. Questa attività, condotta in aree limitrofe alle zone desertiche, ha velocizzato enormemente il processo naturale di *desertificazione*. Conseguentemente territori aridi ma ancora capaci di ospitare la vita stanno progressivamente diventando inabitabili. Le coltivazioni intensive, combinate agli sforzi tesi all'approvvigionamento di legname, hanno pure innescato una sempre più veloce *deforestazione*. Porzioni sempre più ampie di foreste sono state abbattute con tragiche conseguenze per la *biodiversità*. Le grandi foreste pluviali del Sud America e dell'Africa Centrale infatti ospitano da sole circa la metà delle specie viventi sul nostro pianeta.

Le società industriali, caratterizzate da grandi progressi della scienza e della tecnica e da una crescente fiducia nelle capacità di queste di risolvere tutti i problemi, hanno compiuto imprese, scoperte, conquiste e realizzazioni che hanno prodotto anche forti impatti ambientali. La crescente disponibilità di fonti di energia ha portato, tra l'altro, alla produzione di grandi quantità di cibo e di altre merci, producendo l'esigenza di nuovi mercati e quindi la diffusione di mezzi di trasporto affidabili e veloci, che hanno permesso il movimento di materiali, prodotti, risorse e persone su lunghe e lunghissime distanze.

Non è possibile continuare a crescere come è stato fatto nel secolo scorso, in cui la popolazione mondiale è aumentata di 4 volte e il prodotto economico di 40 volte, l'uso di combustibili fossili di 16 volte, la pesca di 35 volte e l'uso di acqua di 9 volte.

Fino a quando le risorse naturali geologiche potranno soddisfare la crescente richiesta? I pessimisti ritengono che l'accrescimento di popolazione non potrà essere seguito da un equivalente incremento delle risorse per cui si avrà un inevitabile declino dello *standard* di vita. Gli ottimisti al contrario, sono certi che il progresso tecnologico permetterà di sopperire ai fabbisogni futuri della umanità.

Se questa crescita da una parte ha portato ad un grande aumento della ricchezza e della prosperità delle popolazioni del cosiddetto occidente, dall'altra ha prodotto grandi alterazioni nell'ambiente in aree sempre più vaste che interessano l'intero pianeta, e un forte divario economico tra l'occidente e il resto del mondo.

Nasce quindi la necessità di instaurare una gestione del territorio che non tenga conto, come si è fatto finora, soltanto degli aspetti economici, ma anche dei problemi di salvaguardia dell'ambiente.

La sfida consiste nel favorire e stimolare la crescita economica, evitando però, al tempo stesso, il degrado dell'ambiente (il cosiddetto *decoupling,* ovvero la dissociazione tra crescita economica e pressione sull'ambiente naturale): se, infatti, un uso efficiente delle risorse contribuisce alla crescita, per converso l'uso inefficiente delle risorse e lo sfruttamento eccessivo delle risorse rinnovabili rappresentano a lungo termine un freno alla crescita.

Gli strumenti per attuare una tale strategia consistono essenzialmente in:

a) riduzione del consumo di materie prime al minimo (soprattutto quelle non rinnovabili), usando al massimo le risorse rinnovabili;
b) prolungamento della vita dei prodotti (maggiore durata, disponibilità di ricambi, riparabilità);
c) sostituzione di beni con servizi;
d) riciclaggio e riutilizzo dei prodotti;
e) rispetto delle vocazioni specifiche del territorio;
f) razionalizzazione dell'uso dell'energia disponibile.

La consapevolezza dell'importanza delle modificazioni che le attività umane portano all'ambiente, in particolare le attività che producono inquinamento dell'aria, del suolo e delle acque e quelle basate sull'utilizzo di risorse non rinnovabili, e delle conseguenze di queste modificazioni sulla salute delle popolazioni e sulle loro prospettive di sviluppo futuro, si è fortemente diffusa nell'opinione pubblica negli ultimi decenni del secolo scorso, anche grazie all'acquisizione di nuovi dati scientifici.

Se il concetto di benessere, un tempo era sinonimo di ricchezza materiale e sviluppo economico, oggi è riconducibile allo stato di salute e all'ambiente: aspetti che sono direttamente collegati con le condizioni

di vita dell'uomo, che dipendono direttamente dall'ecosistema territoriale in cui vive. Infatti, se fino a pochi anni fa l'inquinamento atmosferico, inteso come presenza nell'atmosfera di sostanze che causano un effetto misurabile sull'essere umano, sugli animali, sulla vegetazione o sui diversi materiali, poteva essere considerato un problema circoscritto a grossi centri urbani o produttivi, oggi risulta essere percepito come problema diffuso dagli abitanti di centri piccoli e grandi, per gli alti livelli di inquinanti che si registrano sia nei mesi invernali che estivi.