

Francesca Sartogo
Vincenzo Ferrara
Ennio De Lorenzo

[Scheda sul sito >](#)

energia eolica

EVOLUZIONE TRA STORIA, PROGETTO E AMBIENTE

FRANCESCA SARTOGO VINCENZO FERRARA ENNIO DE LORENZO

ENERGIA EOLICA

Evoluzione tra storia, progetto e ambiente

COLLANA
eurosolar
I t a l i a



Dario Flaccovio Editore

Francesca Sartogo Vincenzo Ferrara Ennio De Lorenzo
ENERGIA EOLICA

ISBN 978-88-579-0127-5

© 2012 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686
www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: maggio 2012

Sartogo, Francesca <1927->

Energia eolica: evoluzione tra storia, progetto e ambiente / Francesca Sartogo
Vincenzo Ferrara, Ennio De Lorenzo. - Palermo : D. Flaccovio, 2012.
ISBN 978-88-579-0127-5

1. Impianti eolici. II. Ferrara, Vincenzo <1947->. III. De Lorenzo, Ennio <1939->.
621.312136 CDD-22 SBN Pal0241987

CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

RINGRAZIAMENTI

Giovanni Bianchi per aver messo a disposizione il suo archivio nautico e meteorologico.

Piero Caricato per aver concesso l'autorizzazione a pubblicare le sue ricostruzioni storiche della navigazione a vela.

Istituto Observ'ER – Observatoire des énergies renouvelables – per aver concesso l'autorizzazione a pubblicare "Il barometro dell'energia eolica" del 2010.

La redazione **QualEnergia** per la sua assistenza e rilevazione dei dati.

I collaboratori: **Gabriella Azzolini, Valentina Chiodi, Anna Maria Fogheri, Angelica Fortuzzi.**

Stampa: Tipografia Priulla, maggio 2012

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

INDICE

Prefazioni

Breath of fresh air – di Peter Droege

Il messaggio di Hermann Scheer – di Massimo Serafini

Premessa di Francesca Sartogo

1. Il sistema energetico come modello economico, tecnologico, sociale e culturale dell'umanità *di Francesca Sartogo*

1.1.	La crisi ecologica	pag.	17
1.2.	Struttura metodologica della sostenibilità ambientale	»	18
1.2.1.	Il paradigma dell'organismo biologico	»	20
1.2.2.	Il paradigma della sostenibilità	»	21
1.2.3.	Il paradigma del clima	»	23
1.2.3.1.	Zonizzazioni e tipologie climatiche	»	28
1.2.4.	Il paradigma dell'energia	»	30
1.2.5.	L'organismo della città storica come sinecismo di distretti autonomi organizzati in rete.....	»	30
1.2.6.	Il ruolo dell'energia nel XXI secolo	»	32
1.3.	Il modello energetico convenzionale fondato sulle energie fossili non rinnovabili	»	32
1.3.1.	Struttura del modello fondato sui combustibili fossili	»	32
1.3.1.1.	La filiera del carbone	»	33
1.3.1.2.	La filiera dei gas naturali	»	33
1.3.1.3.	La filiera del petrolio	»	34
1.3.1.4.	La filiera dell'energia nucleare	»	34
1.3.1.5.	Dalla produzione alla distribuzione: le reti	»	35
1.3.1.6.	Il modello energetico e i processi di concentrazione.....	»	35
1.4.	Le energie rinnovabili e il nuovo modello energetico.....	»	36
1.4.1.	Le risorse rinnovabili: la nuova opportunità energetica mondiale.....	»	36
1.4.2.	Il sistema decentrato delle energie rinnovabili: l'energia diffusa e la filiera corta	»	37
1.4.3.	Il modello energetico e il nuovo disegno delle reti	»	40
1.4.4.	Le massime per il cambiamento e il decollo delle energie rinnovabili.....	»	42

2. Clima e vento *di Vincenzo Ferrara*

2.1.	Clima e sistema climatico	»	47
2.1.1.	Il concetto di clima.....	»	47
2.1.2.	Il sistema climatico	»	48
2.1.3.	Perché il clima cambia	»	50
2.1.4.	Il ciclo del carbonio negli ultimi due secoli.....	»	52
2.1.5.	La velocità dei cambiamenti climatici negli ultimi due secoli.....	»	54
2.2.	Circolazione atmosferica: l'energia buttata al vento	»	55
2.2.1.	La grande circolazione dell'energia	»	55
2.2.2.	L'effetto della rotazione terrestre sulla circolazione delle correnti atmosferiche	»	58
2.2.3.	La dinamica della circolazione atmosferica globale	»	61
2.2.4.	La circolazione termica delle correnti atmosferiche	»	64
2.2.5.	Il ruolo dell'energia cinetica nell'atmosfera	»	69
2.2.6.	Il ruolo dell'energia potenziale nell'atmosfera	»	72
2.2.7.	Correnti aeree e venti che cambiano con il clima	»	76
2.3.	Correnti d'aria al suolo: venti locali e venti stressati	»	81
2.3.1.	Venti sinottici e stress del vento	»	81
2.3.2.	Turbolenza meccanica e termodinamica	»	85
2.3.3.	Ostacoli orografici: effetti sulla circolazione a scala locale.....	»	86
2.3.4.	Ostacoli orografici: modifica delle correnti sul piano orizzontale	»	88
2.3.5.	Ostacoli orografici: modifica delle correnti sul piano verticale	»	92

2.3.6.	Le correnti aeree nelle aree urbane e nelle aree rurali	»	95
2.4.	Clima e venti d'Europa	»	98
2.4.1.	Fattori geografici e ambientali	»	98
2.4.2.	Caratteristiche climatiche dell'Europa.....	»	99
2.4.3.	Circolazione delle masse d'aria in Europa.....	»	101
2.4.4.	L'oscillazione del Nord Atlantico	»	103
2.4.5.	Le situazioni di blocco euro-atlantiche	»	105
2.4.6.	Il monzone europeo	»	107
2.5.	Il Mediterraneo e l'Italia	»	109
2.5.1.	Clima e mare "nostrum"	»	109
2.5.2.	Le correnti aeree principali nel Mediterraneo e in Italia.....	»	112
2.5.3.	Caratteristiche climatiche italiane.....	»	116
2.5.4.	Cambiamenti climatici in atto e problemi che si pongono in Italia	»	119

3. L'energia del vento nel processo evolutivo della storia dell'uomo di Francesca Sartogo

3.1.	Il processo e i cicli dell'insediamento dell'uomo nel territorio	»	125
3.1.1.	L'organismo territoriale, il concetto di clima e l'insediamento dell'uomo.....	»	125
3.1.2.	Il processo e la periodizzazione ciclica delle tipologie territoriali.....	»	127
3.2.	L'uso del vento come energia cinetica	»	130
3.2.1.	La mobilità e la sua evoluzione: dalle prime zattere alla navigazione a vela	»	130
3.2.1.1.	La vela come strumento di propulsione: evoluzione e tipologie	»	132
3.2.1.2.	La vela quadra. Dall'antichità alla costituzione dell'Impero Romano	»	132
3.2.1.3.	La vela latina. Dalla caduta dell'Impero Romano alle crociate. La navigazione marittima mediterranea	»	137
3.2.1.4.	La scoperta dell'America. Dalla navigazione mediterranea alla navigazione oceanica: il recupero della vela quadra e della vela latina	»	139
3.2.1.5.	La navigazione a vela nelle sue principali funzioni: evoluzione delle navi da carico per il trasporto delle persone e delle merci e per le operazioni militari	»	143
3.2.1.6.	Il "motore della navigazione a vela". I venti principali, le rotte e la cartografia	»	144
3.3.	L'energia del vento come energia meccanica	»	147
3.3.1.	I mulini a vento	»	147
3.3.2.	I mulini a vento e l'agricoltura.....	»	148
3.3.3.	L'energia del vento per la trasformazione territoriale; le bonifiche idrauliche e l'esperienza olandese.....	»	151
3.4.	Lo sviluppo dei mulini a vento e la ricerca sperimentale.....	»	153
3.4.1.	Le "macchine eoliche" per il settore agricolo. L'esperienza europea e l'esperienza americana	»	153
3.4.2.	I mulini a vento e la produzione di energia elettrica	»	154
3.5.	La crisi energetica del 1973. La nuova energia eolica	»	155
3.5.1.	La nuova energia eolica del XXI secolo	»	156
3.5.2.	La recente evoluzione delle turbine eoliche; il boom dell'energia eolica off-shore	»	158
3.6.	Lo sviluppo dell'energia eolica nel mondo – il barometro dell'energia eolica 2010	»	158

4. Aspetti tecnici: tipologie e nuove tecnologie di Ennio De Lorenzo

4.1.	Macchine eoliche.....	»	171
4.1.1.	Introduzione	»	171
4.1.2.	Componenti di un generatore eolico moderno	»	171
4.2.	I diversi tipi di macchine eoliche	»	172
4.2.1.	Aerogeneratori e aeromotori	»	172
4.3.	Struttura di un aerogeneratore	»	174
4.3.1.	Fondamenta.....	»	174
4.3.2.	Torri	»	175
4.3.2.1.	Palo con funi ancoranti	»	176
4.3.2.2.	Torre a traliccio.....	»	177
4.3.2.3.	Torri cilindriche in acciaio.....	»	178

4.3.2.4.	Torri in cemento.....	»	179
4.3.2.5.	Torri ibride.....	»	179
4.3.3.	Pale.....	»	180
4.3.4.	Mozzo e rotore	»	181
4.3.5.	Regolazione della velocità di rotazione: stallo e passo.....	»	182
4.3.6.	Trasmissione	»	184
4.3.7.	Generatore elettrico.....	»	185
4.3.7.1.	Generatore sincrono.....	»	185
4.3.7.2.	Generatore asincrono.....	»	186
4.3.8.	Sensori anemometrici.....	»	188
4.4.	Aerogeneratori di diversa potenza.....	»	189
4.5.	Tipologie particolari di aerogeneratori.....	»	195
4.5.1.	Generatori di alta quota.....	»	195
4.5.2.	Turbine eoliche su piattaforme galleggianti.....	»	198
4.6.	Parchi eolici.....	»	200
4.6.1.	Parchi eolici on-shore.....	»	200
4.6.2.	Parchi eolici off-shore.....	»	202
5. Efficienza, progettazione e costi di Ennio De Lorenzo			
5.1.	Il vento: considerazioni generali	»	207
5.1.1.	L'energia eolica	»	207
5.1.2.	Il potenziale dell'energia eolica	»	208
5.1.3.	Aspetti economici dell'energia eolica	»	208
5.1.4.	Risorse eoliche: venti globali.....	»	209
5.1.5.	Risorse eoliche: venti locali	»	209
5.1.5.1.	Venti locali di mare.....	»	209
5.1.5.2.	Venti locali in montagna.....	»	210
5.2.	Analisi del vento.....	»	211
5.2.1.	Velocità del vento, scala di Beaufort.....	»	211
5.2.2.	Velocità del vento in funzione dell'altezza e della conformità del suolo: lunghezza di rugosità	»	212
5.2.3.	Variazione della velocità del vento nel tempo – Distribuzione di Weibull	»	215
5.2.4.	Misura del vento. Anemometria.....	»	220
5.3.	Energia dal vento e resa di un impianto eolico	»	222
5.3.1.	L'energia cinetica del vento	»	222
5.3.1.1.	Richiami della meccanica dei fluidi	»	223
5.3.2.	Trasformazione dell'energia cinetica del vento in energia meccanica	»	226
5.3.3.	L'energia ricavabile dal vento: legge di Betz.....	»	228
5.3.3.1.	Il limite di Betz.....	»	229
5.3.3.2.	Il coefficiente di potenza C_p	»	229
5.3.3.3.	Il TSR (Tip Speed Ratio).....	»	231
5.3.4.	Trasformazione dell'energia del vento in energia elettrica	»	232
5.3.4.1.	Efficienza di trasformazione	»	232
5.3.4.2.	Considerazioni	»	234
5.3.4.3.	Produzione energetica	»	235
5.4.	Valutazioni economiche	»	238
5.4.1.	Costi di un impianto eolico.....	»	238
5.4.1.1.	Costi degli aerogeneratori.....	»	238
5.4.2.	Costi di gestione di un impianto eolico	»	240
5.4.3.	Costi esterni	»	240
5.4.4.	Resa e ricavi	»	241
5.5.	Autorizzazioni	»	242
5.6.	Sistemi incentivanti per le energie rinnovabili.....	»	243
5.6.1.	I meccanismi incentivanti delle FER in Italia	»	244
5.6.1.1.	Il meccanismo dei certificati verdi	»	247
5.6.1.2.	Qualifica RECS	»	248
5.6.1.3.	Tariffa fissa omnicomprensiva	»	249
5.6.1.4.	Finanziaria 2008 – Incentivi eolici	»	250

5.6.1.5.	Scambio sul posto.....	»	252
5.6.2.	Riferimenti legislativi	»	253
5.7.	Progettazione e realizzazione di un impianto eolico.....	»	259
5.7.1.	Organigramma delle fasi di realizzazione.....	»	259
5.7.2.	Fasi preliminari	»	261
5.7.2.1.	L'Atlante eolico del CESI	»	261
5.7.3.	Micrositing e progettazione	»	264
5.7.4.	La progettazione elettrica di un parco eolico.....	»	266
5.7.4.1.	Caratteristiche di fornitura in BT.....	»	271
5.7.4.2.	Connessione alla rete AT	»	276
5.8.	Effetti dell'energia eolica sulla rete elettrica; stabilità della rete, sistemi di accumulo d'energia	»	276
6. L'energia eolica e l'ambiente di Francesca Sartogo e Angelica Fortuzzi			
6.1.	Il paesaggio del vento di Francesca Sartogo	»	281
6.2.	Governance e ambiente di Angelica Fortuzzi.....	»	285
6.2.1.	Valutazione ambientale strategica.....	»	286
6.2.2.	Valutazione di impatto ambientale	»	287
6.2.3.	Eolico e comunità locale: collaborative planning e impianti "aperti"	»	288
6.3.	Progettazione e integrazione di Angelica Fortuzzi.....	»	289
6.3.1.	Impatto paesaggistico e intrusione visiva	»	290
6.3.1.1.	Localizzazione dell'impianto	»	291
6.3.1.2.	Schema planimetrico	»	292
6.3.1.3.	Morfologia degli aerogeneratori.....	»	293
6.3.1.4.	Cantiere e sistemazione dell'area	»	294
6.3.2.	Impatto su flora e fauna.....	»	294
6.3.2.1.	Modificazione della flora.....	»	295
6.3.2.2.	Habitat faunistico.....	»	295
6.3.2.3.	Fondali marini	»	296
6.3.3.	Impatto acustico e interferenze elettromagnetiche.....	»	296
7. La ricerca e la sperimentazione dell'energia eolica di Gabriella Azzolini e Valentina Chiodi			
7.1.	Stato dell'arte dell'energia eolica – Sviluppo e prospettive.....	»	297
7.1.1.	Diffusione dell'energia eolica nel mondo, in Europa, in Italia	»	297
7.2.	La ricerca e l'innovazione	»	302
7.2.1.	Le turbine	»	302
7.2.2.	Il mini e il micro-eolico	»	304
7.2.3.	L'eolico off-shore	»	308
7.2.4.	La produzione di idrogeno	»	311
7.2.5.	L'eolico d'alta quota	»	312
7.2.6.	Le esperienze	»	314
7.2.6.1.	Autonomia energetica della regione austriaca del Burgenland	»	315
7.2.6.2.	L'autonomia energetica eolica nell'isola di Samsø e del mar Baltico	»	315
7.2.6.3.	Metodologia e progettazione partecipata per il Comune di Orune....	»	316
7.2.6.4.	Il Piano energetico ambientale del porto di Genova.....	»	317
7.2.6.5.	L'energia eolica in Giappone sopravvive al terremoto e allo tsunami	»	319
BIBLIOGRAFIA.....			» 321

PREFAZIONI

BREATH OF FRESH AIR

di Peter Droege

Presidente Eurosolar

Direttore Generale del World Council for Renewable Energy

Professore responsabile della cattedra del “Sustainable Spatial Development” nell’Università del Liechtenstein

L’atmosfera terrestre è sottile e vitale come la buccia di una mela e composta da azoto e ossigeno. Questa pellicola argentea è la ricchezza per la vita del nostro ecosistema. Eppure questo strato prezioso che non solo rappresenta la nostra fonte naturale di produzione d’aria e di acqua, ma è anche lo schermo protettivo dai raggi del sole e la lente della luce delle stelle, minaccia di trasformarsi da sorgente di vita in una trappola mortale contaminata dalla nostra fatale ossessione di bruciare carbone, petrolio e gas e dalla incontrollata distruzione delle zone umide e delle foreste del nostro pianeta.

Questo libro contiene un entusiasmante e liberatorio atto di poesia. In un’epoca di deboli e poco convincenti “politiche di contenimento e risparmio energetico” e di “commercio dello scambio delle emissioni”, Francesca Sartogo puntualizza con forza, per tutti noi, la necessità e la reale capacità di adoperare esclusivamente le energie rinnovabili del sole e del vento.

L’autrice orienta la nostra attenzione verso l’energia del vento contenuta nelle correnti termiche che attraversano la nostra atmosfera e che costituiscono una delle maggiori fonti di energia rinnovabile conosciuta. Nessun altro esperto di energie rinnovabili potrebbe affrontare l’argomento con la stessa competenza, perspicacia, grazia e poesia di Francesca Sartogo, che ha dedicato la propria vita allo studio delle opportunità strutturali che possono svilupparsi per farci uscire al più presto dall’attuale sistema energetico basato sulle energie fossili del petrolio e del nucleare.

Sartogo dimostra inoltre una profonda conoscenza, maturata nel corso di anni di studio del processo evolutivo dell’energia nella storia dell’umanità e dai suoi progetti e ricerche urbanistiche sull’uso responsabile delle energie rinnovabili, promuovendo la creazione di realtà autonome energeticamente sostenibili, sia a livello territoriale che urbano.

L'energia eolica, come tutte le energie rinnovabili, ha bisogno di essere usata con grande responsabilità e competenza.

Per l'autrice è di grande importanza acquisire la consapevolezza dei rischi connessi che possono emergere dal privare il territorio della pianificazione naturale di piccole reti energetiche intelligenti e di una energia capillarmente distribuita a favore invece di grandi centrali eoliche on-shore e off-shore in una rete centralizzata "dall'alto verso il basso", sistema molto simile al vecchio modello dell'energia fossile e nucleare.

Responsabilità è la parola chiave per liberare ed imbrigliare l'energia dell'aria e per dotare le Amministrazioni Locali di autonomie energetiche, insieme ad una rete generata "dal basso" ed una pianificazione più naturale, diffusa ed equilibrata nel territorio.

Solo lavorando con le Amministrazioni Locali, con i piccoli utenti ed i tradizionali cultori del territorio – gli agricoltori –, si può raggiungere una adeguata ed integrata liberalizzazione dell'energia del vento.

IL MESSAGGIO DI HERMANN SCHEER

di Massimo Serafini

Vice presidente Eurosolar Italia

Non è possibile scrivere sul vento, su come catturarne il suo impeto per trasformarlo in elettricità, senza che il pensiero corra a Herman Sheer, alla sua straordinaria e infaticabile opera di promozione delle energie rinnovabili. È grazie a lui, alla sua lucida e inesauribile tenacia, se l'energia eolica rappresenta oggi la più promettente fonte energetica rinnovabile grazie alla quale è possibile liberare l'umanità dalle inquinanti, climalteranti e in via di esaurimento fonti fossili.

Herman e l'organizzazione da lui fondata, Eurosolar, hanno saputo organizzare e dare credibilità su scala mondiale all'alternativa energetica solare, svelando l'incendio a cui era sottoposto il pianeta dalle energie fossili e rendendo contemporaneamente priva di senso l'avventura nucleare, che gli apologeti del modello energetico centralizzato hanno tentato di promuovere per sostituire il petrolio, il carbone e il metano. Questi ladri di futuro le hanno tentate tutte per impedire che le energie rinnovabili e in particolare quella eolica si imponessero. Prima hanno provato a chiuderle nella gabbia della loro marginalità. Quante volte ci siamo sentiti ripetere da prezzolati professori, travestiti da scienziati, che le fonti rinnovabili erano puramente integrative e non sostitutive di quelle vere, che naturalmente erano quelle fossili e nucleari. Herman non si è limitato a sbugiardarli scientificamente con i suoi libri, ma ha risposto sul campo promuovendo la legge sul conto energia, grazie alla quale ha fatto crescere in un decennio, prima in Germania e poi in numerosi altri paesi che l'hanno adottata, il contributo offerto dal vento e dalle altre rinnovabili al soddisfacimento del fabbisogno energetico. Oggi non sono più solo i suoi libri a parlare della possibilità in pochi decenni di realizzare il 100% rinnovabile, ma lo fanno i governanti tedeschi e lo stesso presidente degli Stati Uniti. Superato l'ostacolo della loro marginalità il cammino delle risorse solari non si è per nulla semplificato, ma al contrario è proceduto con difficoltà e ha dovuto superare altri e più insidiosi ostacoli. Per quanto inesauribile fosse l'azione di Herman e di Eurosolar altrettanto lo era, soprattutto in Italia, la resistenza di interessi e poteri forti legati al vecchio modello energetico non rinnovabile.

I seminari di pregiudizi e falsificazioni sono rimasti sempre in azione, invadendo televisioni e giornali, oltre alle patinate riviste delle grandi corporazioni energetiche, per raccontare l'inaffidabilità delle energie rinnovabili troppo incostanti per essere in grado di fornire energia ogni volta che serve produrla. Non è finita qui. A queste campagne pseudo scientifiche nell'Italia berlusconiana si è aggiunta l'obiezione ambientalista: fiumi di denaro sono stati investiti per finanziare la campagna su quanto sono brutte le pale eoliche e sulla ferita al paesaggio che la

loro installazione infligge. Dopo avere assistito in silenzio alla cementificazione del “Bel Paese” giornali e televisioni hanno mobilitato firme più o meno eccellenti, più o meno in buona fede, per scatenare la crociata, prima contro le pale eoliche e oggi contro i pannelli solari fotovoltaici e termici se installati a terra. Ciò che colpisce di questa offensiva contro le risorse solari è che quasi sempre viene fatta in nome di un paesaggio che non c’è più, perché già devastato, spesso proprio dai finanziatori (i grandi monopoli energetici) di queste campagne contro il vento e il sole.

Eppure sono numerose le ragioni che consigliano a una classe dirigente di investire le risorse scarse a disposizione nello sviluppo delle fonti rinnovabili e nella promozione di usi razionali ed efficienti delle stesse. Ricordo le due principali: la crescente incapacità dell’offerta di fonti energetiche fossili di coprire una domanda di energia in costante crescita e l’aggravarsi della crisi climatica del pianeta. La prima è alla base della crescita esponenziale del prezzo del petrolio, con conseguente aggravamento delle tensioni internazionali che, a loro volta, determinano un riarmo diffuso, compreso quello atomico.

Pensare di risolvere questo drammatico nodo della scarsità di fonti fossili a disposizione, producendo un po’ di elettricità con il nucleare, cioè con un altro combustibile non rinnovabile, avrebbe come unico risultato quello di accelerare l’esaurimento dell’uranio, oltre che testimoniare l’assoluta inadeguatezza di chi avanza questa proposta.

Per quanto riguarda i cambiamenti climatici gli avvenimenti della scorsa estate offrono una ulteriore conferma del riscaldamento globale (il 2010 è l’anno più caldo da quando esistono misurazioni affidabili) e dell’esattezza delle previsioni contenute nei quattro rapporti sul clima dell’IPCC, in particolare quella sull’aumento degli eventi estremi.

Nonostante la forza di questi argomenti stenta a imporsi quella svolta nelle politiche energetiche capace di spingere il mondo a produrre energia con le fonti rinnovabili.

In Italia più che stentare, siamo di fronte a un vero e proprio sabotaggio, come testimonia il decreto ammazza sole approvato recentemente dal governo (marzo 2011). Fino ad ora la reazione dei sostenitori delle rinnovabili è stata difensiva e timida. Anzi spesso a questa determinata opposizione alla installazione di pale eoliche, ma sempre più spesso anche dei pannelli solari, per non parlare delle biomasse, si sono accodati numerosi ambientalisti.

Ben difficilmente si riuscirà a realizzare la svolta energetica rinnovabile se si alimenta fra i cittadini la diffidenza verso l’installazione di pale eoliche e pannelli solari, perché deturpano il paesaggio o a causa delle infiltrazioni malavitose o di fenomeni di corruzione che hanno colpito una parte minima delle installazioni realizzate. Sia ben chiaro, non si propone di chiudere un occhio su questi fenomeni degenerativi. L’illegalità va colpita ovunque, anche se la si commette per realiz-

zare un campo eolico o per installare un impianto solare. È lo scopo della denuncia su cui va fatta chiarezza: un conto è farla per chiedere di rafforzare i controlli, invocare e produrre regole più precise, appoggiare la mobilitazione sociale contro le ecomafie, ripensare soprattutto il sistema degli appalti, la struttura degli incentivi, promuovere un forte rinnovamento della pubblica amministrazione, altro è invece farla per screditare e bloccare lo sviluppo delle fonti rinnovabili e con esso il progetto di liberare il paese dalla dipendenza dal fossile e dal nucleare.

Perché, mi chiedo, meravigliarsi che mafia, camorra e corruttori cerchino di mettere le mani sulle rinnovabili? È noto che uno dei business principali della malavita organizzata è mettere le mani sulla spesa pubblica. Così come è risaputo che il sistema di regole che governa gli appalti pubblici è facilmente vulnerabile, anche per la corruzione presente nelle alte sfere della pubblica amministrazione. Paradossalmente, però, questo interessamento per le rinnovabili, tanto diffuso da interessare anche mafia e camorra, segnala anche un fatto positivo e cioè che in questi anni siamo riusciti a farle uscire dalla clandestinità e dalla marginalità, sono cioè diventate un affare conveniente su cui investire.

Magra consolazione si dirà, se poi l'indubbia crescita delle rinnovabili non solo è inquinata, ma ad essa non corrisponde neppure il consolidarsi di quel modello distribuito che fa dell'energia catturata al sole, al vento, ai residui dei boschi un bene comune e non una merce. Hanno, in poche parole, trovato più spazio coloro che colonizzano il territorio agricolo con pannelli solari o riempiono interi crinali con gigantesche pale eoliche, riproducendo in definitiva lo stesso meccanismo centralizzato delle grandi centrali.

Può essere però questa una ragione sufficiente per rinunciare all'obiettivo strategico di fare uscire questo paese e l'intero pianeta dalla dipendenza delle energie sporche e non rinnovabili? No, non lo è.

Nessuno si nasconde, né sottovaluta, che le rinnovabili sono inserite in un contesto capitalistico e di libero mercato e quindi la spinta a farle diventare merci è fortissima, quanto i tentativi di inquinamento da parte della malavita. Con questa contraddizione è necessario però convivere perché la scelta delle energie alternative è resa necessaria dalla crisi climatica e da ragioni di pace.

Interessati allo sviluppo delle rinnovabili non ci sono solo delinquenti, avventurieri e speculatori, ma anche persone oneste che però, più che alla democrazia energetica, pensano, investendo nelle risorse solari, di realizzare profitti. Sono nemici oppure con loro si può fare un pezzo di strada comune: quella che porta fino all'uscita dal fossile e dal nucleare?

In altre parole uniti per affermare le rinnovabili e contemporaneamente in aperta competizione sul modello energetico, distribuito o centralizzato, in cui dovranno crescere.

Senza nascondersi il peso e la forza di questi scomodi compagni di viaggio, vorrei dire che questa alleanza è soprattutto imposta dalla realtà. Sentendo a volte le

polemiche contro il solare a terra o contro l'eolico, ho la sensazione che chi le fa pensi a una Italia i cui Appennini sono stati invasi di pale eoliche, i terreni agricoli ricoperti di pannelli solari, le foreste completamente disboscate, quasi che sole, vento e biomasse fornissero gran parte dell'energia di cui la società necessita. La realtà è purtroppo un'altra. Il nostro crescente fabbisogno è coperto al 94% da un mix fossile, carbone compreso, a cui il governo pensa di aggiungere il nucleare. Ciò che voglio dire è che la lotta per l'egemonia con i "ladri di vento" e gli "occupa suolo" è per ora una lotta su un pezzo molto piccolo del nostro sistema energetico. Tutto il resto sono battaglie perse e forse mai date, a cominciare da quella per impedire che una quota del fabbisogno energetico fosse coperta dal carbone. Fra le lotte mai fatte c'è anche quella sul risparmio energetico, che tanti contrappongono alle rinnovabili. Alla faccia della bio-edilizia, milioni di famiglie si sono dotate di condizionatori, che penzolano orrendi dalle finestre di case ed uffici, in periferie degradate come in centri storici di pregio, nella completa indifferenza delle sovrintendenze che invece bloccano i deturpanti pannelli solari.

L'incubo non è un territorio occupato da pannelli solari e pale eoliche o disboscato per avere energia, ma l'ulteriore diffondersi di ciminiere che pompano veleni e CO₂ in atmosfera, insieme all'arrivo delle centrali nucleari e a un'ulteriore espansione irrazionale dei consumi energetici. Per evitare che questo incubo diventi realtà non basta un movimento di "duri e puri", ma va costruita una mobilitazione sociale ampia e inclusiva, con le sue contraddizioni e la sua dialettica, ma unita sull'obiettivo di portare il paese ad una scelta rinnovabile che lo liberi dal petrolio e da tutte le fonti energetiche non rinnovabili. Lavorare e realizzare questo obiettivo è forse il miglior saluto che si può fare a Hermann.

PREMESSA

di **Francesca Sartogo**

Presidente Eurosolar Italia

L'energia eolica è l'energia prodotta dal vento, legata al movimento delle masse d'aria tra zone di alta e bassa pressione dell'atmosfera e agli effetti sulla vita del nostro ecosistema.

Questo studio vuole essere uno strumento di conoscenza del lungo processo evolutivo delle energie rinnovabili, di cui l'energia eolica è uno dei più importanti protagonisti. Esso è indirizzato a tutti i cittadini interessati alla propria cultura di base, ma soprattutto a tutti coloro che operano da tempo nella ricerca, nella progettazione e nella sperimentazione del settore dell'innovazione tecnologica applicata all'uso delle energie rinnovabili.

È indirizzato al vasto repertorio degli utenti che va dai tecnici (architetti, ingegneri, fisici ecc.) agli operatori industriali edili e commerciali perché ne diffondano e promuovano la migliore realizzazione, l'integrazione e l'utilizzo.

Lo studio ha anche l'obiettivo fondamentale della formazione di sempre più addetti per nuove opportunità di lavoro specializzato, responsabile e competitivo.

L'energia eolica non provoca alcun impatto ambientale, in quanto è priva di emissioni e non rilascia sostanze nocive nell'atmosfera. L'impatto ambientale, se c'è, è semmai di carattere visivo e necessita una certa attenzione nell'integrazione delle sue tecnologie nel contesto paesaggistico e territoriale.

A questo proposito, al fine di superare le barriere non tecniche che alcune prime realizzazioni hanno prodotto, lo studio vuole analizzare tutte le problematiche dell'evoluzione etica, filosofica e ambientale nella lunga storia dell'inserimento dell'uomo e del suo contributo nell'ecosistema territoriale, urbano e naturale.

L'originalità della motivazione principale dello studio sta nell'accezione del ruolo del vento nella sua funzione di *sistema respiratorio* e di *equilibrio termodinamico* del nostro ecosistema; e come tale la lunga storia dell'uso cinetico, meccanico ed energetico che l'uomo ha sempre perseguito.

Attraverso l'uso dell'energia eolica nella storia e la lettura della grande lezione dell'inserimento delle sue tecnologie nel territorio, lo studio vuole tracciare le linee guida di una futura strada sempre più appropriata nella progettazione e nella governance tecnica, istituzionale e procedurale.

Lo studio, coordinato dall'arch. Francesca Sartogo con i testi del prof. Vincenzo Ferrara e dell'ing. Ennio De Lorenzo, si articola in 7 capitoli.

Nel capitolo 1 si analizza l'attuale contesto della società umana, la sua crisi am-

bientale, sociale ed economica, e la necessità di una futura definizione della sostenibilità e compatibilità ambientale. Come base di partenza si formula l'ipotesi urgente della costruzione di un progetto di cambiamento strutturale globale, sostenuto da un nuovo modello energetico, fondato sulle energie rinnovabili. Nel capitolo 2 è descritta la motivazione fondamentale costituita dalla struttura del clima e del vento, sia a livello globale che a livello locale nel sistema Mediterraneo e nel nostro Paese, e dei suoi attuali processi di cambiamento. Simulazioni, considerazioni e prospettive, a breve e lungo termine, vengono ipotizzate rispetto agli effetti dei cambiamenti climatici sul regime delle correnti aeree e della tipologia dei venti, anche in corrispondenza con l'attuale aumento della densità delle attività umane, delle superfici urbanizzate e dell'uso del suolo. Nel capitolo 3 lo studio raccoglie una lunga ricerca del processo evolutivo di integrazione e inserimento dell'energia del vento nella storia dell'umanità e dell'ambiente. Il percorso dell'energia del vento si articola nella sua trasformazione in energia cinetica, come supporto della mobilità con la lunga esperienza della navigazione a vela, nella trasformazione in energia meccanica, a supporto dell'agricoltura o di importanti trasformazioni idrauliche e territoriali, fino all'odierna produzione di energia elettrica. L'attenzione dell'analisi è sostanzialmente concentrata sulle modalità delle tecnologie delle strutture innovative, pur sempre strettamente legate all'ambiente e al territorio. Nei capitoli 4 e 5 si articola la struttura metodologica degli aspetti tecnici, tecnologici, economici ed autorizzativi necessari alla progettazione e alla realizzazione degli impianti. Nel capitolo 6 si svolge una esposizione delle problematiche inerenti alle modalità dell'integrazione individuando strumenti per la progettazione, la governance istituzionale e procedurale. A conclusione, il capitolo 7 elabora un breve excursus del percorso di ricerca e di sperimentazione di un settore, oggi in continua evoluzione, con alcuni esempi di programmi e progetti significativi.

Infine, lo studio vuole mettere in evidenza la necessità che alla evoluzione della ricerca e della sperimentazione in atto corrisponda sempre più un repertorio di regole certe, sia a livello dello Stato che delle Amministrazioni Locali, che stabilisca la governance qualitativa, ambientale e di pianificazione strategica dello sviluppo di tale importante settore.

1. IL SISTEMA ENERGETICO COME MODELLO ECONOMICO, TECNOLOGICO, SOCIALE E CULTURALE DELL'UMANITÀ

di Francesca Sartogo

1.1. La crisi ecologica

La crisi ecologica che viviamo è l'eredità più che scontata del ciclo storico che si è sviluppato e consolidato per circa tre secoli, con il massimo della crescita economica, tecnologica e intellettuale. È la nostra era industriale che ha oggi, forse, conseguito l'apice della sua massima capacità produttiva. Ma quel mondo del benessere che doveva essere il suo fondamentale obiettivo, oggi è sull'orlo del collasso sia dal punto di vista economico che sociale, che ambientale. L'*homo faber* della nostra epoca ha creduto di essere al centro di un mondo che poteva dominare totalmente con la potenza delle sue tecnologie. Per un lungo periodo ha estratto dalla terra una quantità di materie prime come il petrolio, il carbone, i gas, ecc., allo stato ancora di trasformazione biologica. Le ha usate come combustibili, ne ha prodotto materiali non assorbibili dall'equilibrio ambientale, alterando la delicatissima composizione dell'atmosfera. Il ciclo del carbonio, così importante per la nostra vita, è cambiato nel suo equilibrio riducendo la percentuale di ossigeno ed aumentando, al livello di rischio, la percentuale della CO₂ difficilmente assorbibile in tempi così accelerati. Gli esiti sono l'alterazione del clima, l'effetto serra, le piogge acide, l'ozono troposferico ecc., nocivi alla salute dell'uomo, ai nostri monumenti e soprattutto alla sopravvivenza degli ecosistemi naturali che ci circondano. Molti equilibri della terra, dell'acqua e dell'aria sono cambiati e il nostro modo di vivere, di costruire, di produrre traffico, materiali, rifiuti, oltre ad essere oppositivo, ha innescato fenomeni di irreversibilità tali da non garantire, se non ad alti gradi di rischio, addirittura la sopravvivenza dell'uomo e del suo ecosistema.

Gli effetti di tale conduzione della nostra civiltà possono essere elencati nei vari e principali eventi catastrofici di questi ultimi anni, quali per esempio: lo tsunami dell'Indonesia che ha prodotto centinaia di morti e di dispersi; l'uragano Katrina del 2005 nella Louisiana e sulla Città di New Orleans con 1120 morti; i problemi territoriali come quello dell'ultimo ennesimo disastro ambientale del 2010, causato dalla marea nera fuoriuscita per mesi dal pozzo della piattaforma off-shore della British Petroleum, che ha investito le coste della Florida e del Messico; ed

infine i vari incidenti delle centrali nucleari di Chernobyl, Three Miles Island o Fukushima.

Ma oltre a questi eventi eccezionali, quelli che incidono maggiormente sono i fenomeni della vita quotidiana che le Agende 21, promosse dall'unione europea dell'Unione Europea, hanno individuato essere le fondamentali cause dall'attuale modello energetico:

- le *variazioni climatiche* causate dall'impiego dei combustibili fossili e dall'emissione incontrollata di gas metano, dalle distruzioni dei boschi dovute alle piogge acide originate dai combustibili fossili, dal disboscamento per produrre energia termica, dall'assorbimento nell'atmosfera del calore residuo delle centrali termiche e nucleari;
- la *distruzione della fascia dell'ozono* dovuta soprattutto all'impiego dei cloro-fluorocarburi degli impianti di condizionamento d'aria;
- l'*inquinamento atmosferico dovuto al consumo di combustibili fossili*;
- la *devastazione del suolo* e l'*inquinamento idrico* dovuti ai concimi chimici e alla produzione di rifiuti energetici organici altamente concentrati;
- l'*aumento della desertificazione* provocato dalla distruzione della vegetazione causata dall'uomo che, in mancanza di altre fonti energetiche, copre così il suo fabbisogno energetico;
- l'*inquinamento prodotto dalla navigazione marittima* con la distruzione dell'ecosistema della fauna marina;
- la *qualità dell'ambiente* e lo *stato della salute dell'umanità* compromessi dal modello energetico convenzionale dell'uso dei combustibili fossili.

La situazione ecologica è tale che è facile dimostrare come questa strategia non sia più sostenibile.

È infatti ormai necessario maturare una maggiore consapevolezza circa l'uso sconsiderato che l'energia non rinnovabile fossile produce sul nostro pianeta e al quale si dovrà infine imporre una svolta verso una economia politica naturale che assuma la salvaguardia della natura, così minacciata, come uno dei suoi parametri indispensabili.

È l'attuale modello industriale energetico che va messo in discussione, rianalizzato, trasformato e totalmente sostituito.

1.2. Struttura metodologica della sostenibilità ambientale

Ben presto ci si è accorti che per una riconversione ecologica del nostro contesto urbano e territoriale non ci sono che due unici e soli riferimenti validi – l'ecosistema dell'ambiente (naturale, minerale, animale e vegetale) che ci circonda e l'ecosistema storico delle strutture dell'uomo – e quanto fosse utile rivisitare il

percorso della formazione attraverso i secoli del suo consolidamento, individuando le interrelazioni che hanno permesso all'uomo la convivenza e l'integrazione più o meno perfetta con la vita del contesto ambientale di alcune città storiche in ogni singola area culturale.

Il percorso storico della lettura della città antica, matrice fondamentale della nostra filosofia, e le recenti esperienze sperimentali hanno sempre più consolidato l'opinione che non ci può essere sviluppo della città se non relazionato alla vocazione del territorio a riceverlo e alle millenarie leggi evolutive quantitative e qualitative che hanno regolato fin dal mondo più antico l'inserimento dell'uomo nel territorio. Interessante è scorrere i documenti su questi argomenti per comprendere che l'uomo ha cercato sempre di porsi delle regole di comportamento nel suo modo di inserirsi. Basta interpretare le mappe catastali delle città per leggere le regole del suo sviluppo in addizioni organiche e autosufficienti, o consultare uno dei fondamentali manuali per l'architettura da Vitruvio in poi (orografia, acqua, sole vento clima ecc.) o il repertorio delle regole che riguardano i problemi ambientali e igienici (acqua, verde, rifiuti) degli Statuti dei più antichi comuni trecenteschi della storia urbana italiana. La ricerca, tuttora work in progress, può comunque riassumersi in alcune fondamentali articolazioni che partono da alcuni strumenti di base:

- il primo strumento di lavoro necessario, come per la disciplina del restauro storico e monumentale, è il recupero della *sapienza ambientale* con la riappropriazione di tutte le conoscenze del contesto in tutte le qualità peculiari del suo lungo processo evolutivo di territorializzazione e nei suoi equilibri secolari tra insediamento umano, ambiente naturale e risorse;
- il secondo è l'individuazione dei *termini* e delle *modalità* dell'equilibrio pre-costituito, trasformato, perduto e da ricostruire tra l'ambiente fisico dell'ecosistema naturale e l'ecosistema artificiale delle strutture dell'uomo;
- il terzo è la riconquista di una *nuova alleanza* tra l'ambiente naturale e le strutture e la vita dell'uomo attraverso alcuni fondamentali paradigmi quali:
 - il *paradigma biologico* che costruisce la città come un organismo vivente, ecosistema dell'uomo in rapporto alle interrelazioni con il suo ecosistema naturale;
 - il *paradigma della sostenibilità* che instaura una nuova cultura dello sviluppo, controllata da una strategia di limiti e regole ambientali compatibili;
 - il *paradigma olistico* che considera la città come un unico organismo, formato da parti interagenti e collaboranti, in una struttura determinata da processi e sistemi di auto-organizzazione aperti e dinamici;
 - il *paradigma sistemico* che organizza il sistema delle interdipendenze delle parti;
 - il *paradigma del clima e dell'appartenenza geografica e culturale*;

- il *paradigma dell'energia*, nocciolo forte dell'organismo della città e del territorio, che organizza l'uso sostenibile delle risorse nei vari cicli dei flussi esistenti, di riciclo e di produzione.

Il modello che ne deriva è un progetto ecologico sostenibile e compatibile che riassume strumenti e paradigmi e, attraverso operazioni di interrelazioni tra le parti, rispettando l'interdipendenza, la flessibilità, la diversità e la partecipazione dei singoli attori, costruisce la necessaria organizzazione e pianificazione della finale "rete della vita" per la nuova comunità umana e la sua alleanza con l'ambiente.

La strutturazione ancora organica del nostro ecosistema storico non è più correlata alla strutturazione del suo ecosistema naturale con perdita quasi totale del primitivo substrato olistico e sistemico di riferimento.

1.2.1. Il paradigma dell'organismo biologico

Lo sviluppo territoriale senza limiti, in cui l'unico dogma era la quantità, la ripetitività e la serializzazione, ha alterato profondamente il paradigma che era la caratteristica del nostro mondo e della forma delle nostre città. L'approccio liberista ed economico della passata rivoluzione industriale ha gradualmente trasformato l'ecosistema umano in un mondo inteso come una macchina, in cui tutto è costruito dall'uomo montando un certo numero di parti in un modo prestabilito, in un sistema di causa ed effetto, e quando si guasta un pezzo si sostituisce la singola causa del guasto. Per contro, il paradigma dell'organismo biologico è guidato da cicli complessi di sviluppo, tipici degli esseri viventi. Esso è caratterizzato da sistemi di autorganizzazione, di rinnovamento aperti e dinamici; l'organismo è impegnato prima di tutto a rinnovare se stesso; è composto da cellule che si aggregano in tessuti e organi, attraverso cicli continui di un più complesso sistema, costituendo un'unica biosfera ove ogni organismo biologico, dal più piccolo batterio, alle piante, agli animali, sino agli esseri umani, è regolato da una complessa organizzazione di rapporti e interrelazioni. "L'albero sistemico" di Fritjof Capra che identifica la complessità di questo ecosistema è il simbolo appropriato per la natura ecologica della stratificazione nei sistemi; è come un albero reale che assume il suo nutrimento sia attraverso le radici dalla terra che attraverso le foglie dal ciclo del sole, del vento, della pioggia, della neve ecc. Il potere dell'albero sistemico influisce in entrambe le direzioni: nessun estremo domina sull'altro e tutti i livelli interagiscono in armonia e interdipendenza per sostenere il funzionamento del tutto. Il mondo naturale è un'entità vivente, le nuvole si muovono, così come le montagne, i fiumi, i laghi, i ghiacciai; tutto ha una vita e un ciclo sul pianeta Terra, ha tempi lenti, qualche volta lentissimi, però tutto ha un processo di formazione di vita, di trasformazione e riassorbimento. L'uomo che vuole reinserirsi in tale ecosistema dovrà muoversi con le stesse logiche e in analogia con esso.

1.2.2. Il paradigma della sostenibilità

In risposta a tale istanza si consolida un nuovo concetto strategico chiamato *sviluppo sostenibile*. Esso è in effetti molto antico e molto recente; è presente nella storia dell'umanità sin dalle sue origini; molte religioni, quali il Buddismo e l'Induismo, e molte civiltà, come quelle dei Sumeri, dei Maya o quelle delle aree mediterranee, hanno cercato e cercano di gestire il rapporto tra umanità e natura in termini di saggezza. Infine nel 1987 il Ministro dell'Ambiente norvegese, G.H. Brundtland, presenta, su incarico delle Nazioni Unite, una prima efficace definizione del concetto di "sviluppo sostenibile", cioè "Lo sviluppo che è in grado di soddisfare i bisogni della generazione presente, senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri".

Successivamente quel concetto, a seguito di precisazioni, definizioni e modi di intendere la sostenibilità stessa, il ruolo del territorio, dell'ambiente e del conseguente sviluppo locale, si sintetizza in tre diversi percorsi di ricerca:

1. il percorso funzionalista e dell'eco-compatibilità della crescita economica;
2. il percorso ambientalista e bio-centrico;
3. il percorso territorialista e antropocentrico.

PERCORSO FUNZIONALISTA E DELL'ECO-COMPATIBILITÀ DELLA CRESCITA ECONOMICA

Il primo percorso considera il territorio come *supporto tecnico funzionale* – "il capitale naturale", le cui risorse e la cui produzione devono essere salvaguardate. Lo sviluppo sostenibile è definito dal *carring capacity* del suo sistema ambientale sottoposto alla pressione di un certo modello insediativo. Tale sviluppo è dettato e consentito da leggi economiche che decidono i rapporti tra il capitale naturale, che deve essere salvaguardato, e il capitale antropico che deve essere regolamentato e limitato nel suo impatto ambientale, con l'individuazione di misure correttive, provvedimenti fiscali, multe, ecc.

"La strategia è un'organizzata filosofia correttiva" (Daly H.E.).

PERCORSO AMBIENTALISTA E BIO-CENTRICO

Il secondo percorso pone al centro dell'attenzione la natura e l'intero territorio che considera come *soggetto vivente*, con caratteristiche di cui bisogna rispettare i diritti. L'obiettivo è la ricostruzione dell'economia dell'ambiente come fondamento dell'economia antropica su cui istaurare una interrelazione reciproca da cui fondare la sostenibilità fra capitale naturale e economia ecologica (Bresso M., Costanza R., Daly H.E., Odum E.P.).

"La sostenibilità è l'insieme di relazioni tra attività umane e la loro dinamica e la biosfera, con le sue dinamiche, generalmente più lente. Queste relazioni debbono essere tali da permettere alla vita umana di continuare, agli individui di soddisfare i loro bisogni e alle culture umane di svilupparsi, ma in modo tale che le

variazioni apportate alla natura dalle attività umane siano entro certi limiti da non distruggere il contesto biofisico globale” (Marchettini N., Tiezzi E.).

L’ambiente da vincolo diventa risorsa economica.

PERCORSO TERRITORIALISTA E ANTROPOCENTRICO

Il terzo percorso affronta il problema della sostenibilità nello sviluppo delle strutture dell’uomo, in continuità con la sua storia evolutiva e in una riconquistata alleanza tra ecosistema naturale ed ecosistema umano: tale filosofia appartiene ed è correlata con quelle recenti ricerche che studiano il comportamento e la morfologia del mondo delle piante e degli animali in relazione all’orografia e morfologia dei luoghi e dei cambiamenti climatici. Il sole, i venti e il tessuto idrografico dei corsi d’acqua sono stati sempre in stretta relazione con tutti i sistemi viventi e ne hanno condizionato l’uso, la funzione e la forma. In relazione all’inserimento dell’uomo nel territorio, molte sono anche le opere di verso positivo per la difesa del suolo, che hanno determinato la salvaguardia del territorio stesso e di cui bisogna tener conto.

L’approccio antropocentrico ricerca l’equilibrio e la continuità tra l’ecosistema naturale e l’ecosistema dell’uomo nell’ambito dei suoi insediamenti, dei suoi magisteri e delle sue culture. Il territorio è un elemento olistico vivente, formato da molteplici relazioni fisiche e climatiche, ma anche tra cultura, natura e storia. Il territorio diventa oggetto di studio ed entità depositaria di una propria “sapienza culturale e ambientale”, costituita dall’accumulo storico, consolidato dalle azioni di territorializzazione, dalla pianificazione fondiaria agricola e urbana, dalla rete dei percorsi di comunicazione, dalle sistemazioni e strutturazioni dei corsi d’acqua, della raccolta e distribuzione dell’acqua piovana, il sistema delle oasi nel deserto dell’Africa, gli acquedotti, i ponti, le antiche centuriazioni romane, le vie consolari. Essi, nel loro insieme, determinano la qualità e il valore aggiunto delle singole differenti aree culturali.

La ricerca assume la ricostituzione delle qualità insite nel territorio come risorse e identità dei luoghi. La valorizzazione del territorio nelle sue qualità e nei suoi differenti linguaggi locali, ma soprattutto il riconoscimento del processo di pianificazione e ordine del territorio, nei suoi fondamentali sistemi introdotti dall’uomo, frutto dei nuovi rapporti coevolutivi fra uomo e ambiente, diventano l’obiettivo finale di un coerente disegno olistico globale. Esso dovrà suggerire il nuovo equilibrio tra ecosistema naturale, ecosistema territoriale pianificato ed ecosistema antropico urbano ed edilizio.

“La designazione del territorio anziché dell’ambiente naturale che ne diviene componente come referente della sostenibilità modifica ulteriormente i requisiti di quest’ultima, riprendendo la valutazione alle relazioni fra cultura, natura e storia” (Magnaghi A.).

La metodologia si basa sull’analisi del repertorio più ampio possibile della “sa-

pienza ambientale”, dalla cui sintesi dovrà scaturire la proposizione di modelli ambientali, compatibili in funzione della salvaguardia della natura, relazionati alla sostenibilità sociale politica, mirati alla valorizzazione della biodiversità e dei sistemi consolidati della pianificazione antropica, coerenti con la strutturazione naturale e in continuità con il processo evolutivo della pianificazione antropica della propria area culturale.

L’analisi storica del processo di formazione del territorio è fondamentale per acquisire e formulare le regole della sapienza ambientale che lo hanno creato nel passare dei secoli. Un recente nostro studio del comfort urbano e ambientale cerca di costruire una nuova metodologia per la progettazione urbanistica che, sfruttando i flussi dei venti portanti e della ventilazione naturale, assicuri il massimo comfort urbano, il controllo dell’emissioni e, coerente con i cambiamenti climatici, contribuisca al miglioramento del microclima locale (Calderaro V., Sartogo F.).

1.2.3. Il paradigma del clima¹

Le recenti realtà ecologiche legate al cambiamento del clima, dovute ormai senza ombra di dubbio all’uso distratto e non consapevole del territorio, in questi ultimi recenti periodi storici della nostra era industriale, ci portano oggi a maggiori riflessioni sull’uso di alcune risorse naturali, così abbondantemente e generosamente messe a disposizione dal nostro pianeta. Tra le più importanti ci sono certamente quelle legate alla meteorologia e in particolare all’irraggiamento solare e al regime dei venti. Esse sono la garanzia per il mantenimento e la salvaguardia dell’ecosistema dell’uomo e dell’ambiente.

In un recente studio sulla città, ripercorrendo i vari cicli storici, ci siamo resi conto che l’uomo era perfettamente cosciente e consapevole di tutto ciò. Basta rileggere con attenzione la storia per accorgersi di come l’uomo abbia costruito il suo inserimento con regole e approcci ben precisi. Essi vengono raccolti, fin dai secoli più antichi, in un importante repertorio della trattatistica urbana e territoriale. La cultura fenicia e greca costruisce il supporto di una cultura scientifica naturalistica, fisica, geografica e soprattutto meteorologica; già nei primi secoli a.C., con la Scuola Alessandrina, studia l’orientamento aerodinamico dei venti, le variazioni stagionali e gli effetti sulla produzione agricola e sulla salute umana e formula il primo disegno del territorio e della città. Esiodo, nel libro *Le opere e*

¹ Ricerca e sperimentazione svolta da Francesca Sartogo nei principali progetti urbanistici coordinati dal clima e dalla ventilazione naturale: “Saline-Ostia Antica Ecological Urban pilot plan with a 93% integration of Renewable energies Francesca Sartogo”, ALINEA International Editrice, Fi 2000. “Ecocity Urban development towards appropriate structures for renewable energies, sustainable transport” 2002- 2005 Book 1 *A better place to live*, P. Graffon, G. Huissmans, F. Skala, R. Messerschmidt, C. Verdaquer, K. Rauhala, F. Sartogo, 2005.

i giorni, studia un'etica per la casa e la produzione agricola; Ippocrate, nel testo *Acque arie e venti*, sviluppa una puntuale cultura medica legata alle conoscenze astronomiche, climatiche e ambientali e, per finire, Omero, Aristotele e Senofonte che, nel suo *Economico*, elenca i primi fondamenti per l'architettura bioclimatica. Marco Vitruvio Pollione, con la sua *De Architettura*, nel I secolo a.C. scrive un importante manuale di ingegneria urbana e territoriale. Esso comincia con uno studio del clima, visto in successione temporale delle stagioni e la costruzione di meridiani e gnomoni, per arrivare a suggerire le linee guida per la forma di quell'impianto urbanistico ed edilizio, che poi sarà la tipologia primordiale, costante e generalizzata, nell'immenso territorio dell'impero romano che ha costituito l'antichissima *Ecumene Civile Europea Mediterranea*.

Tutti questi studi confermano che la morfologia della città non nasce mai per caso, ma da un preciso risultato delle relazioni tra un sistema di regole che vanno dal disegno degli assi matrici, all'intelaiatura viaria, alla divisione fondiaria,

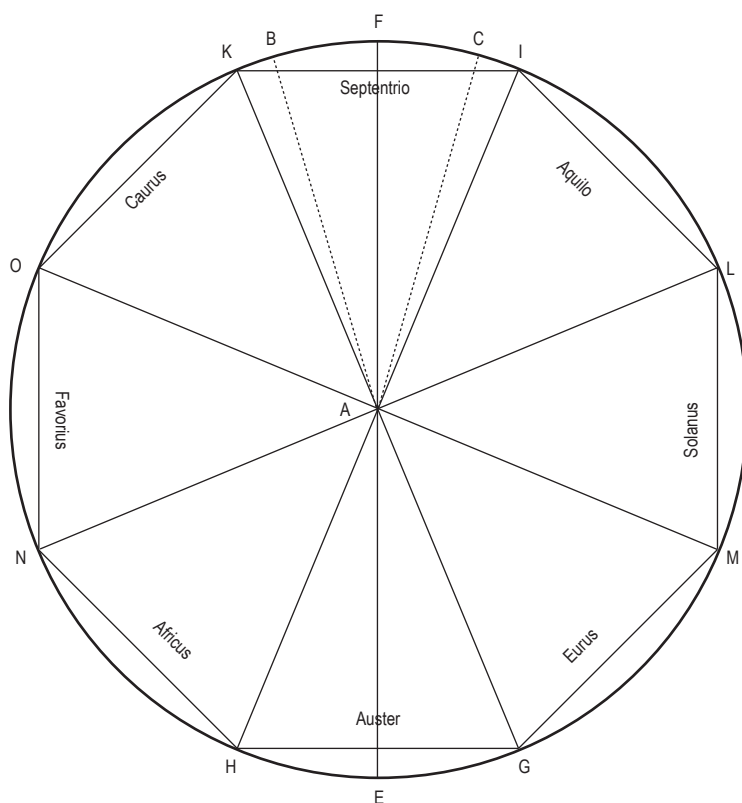


Figura 1.1. Settori di provenienza dei venti (fonte: Vitruvio Pollione, *De Architettura*)

alla tipologia edilizia e al suo sistema di aggregazione in tessuti urbani, insieme con gli effetti delle condizioni climatiche e orografiche e geografiche del luogo. Vitruvio, nei libri 1, 7, 12 (figura 1.1), registra una rappresentazione grafica dei settori di provenienza dei venti dominanti e, nei libri 1, 6, 7 (figura 1.2), sancisce le regole per la pianificazione urbana, dove l'esposizione solare e la direzione dei venti sono le coordinate principali per l'orientamento del reticolo urbano del *castrum romano*. L'asse principale d'impianto doveva essere il *Cardo Maximus* che in aree climatiche temperate, come quelle dell'ecumene Civile Europea Mediterranea, dovrebbe orientarsi similmente alle divisioni centuriali del tessuto agricolo, in direzione nord-sud e secondo la direzione dei venti del quadrante nord (*Septentrio*, *Caurus* ed *Aquilo* corrispondenti al nostro maestrale, tramontana e grecale) e del quadrante sud (*Auster*, *Africus* ed *Eurus* corrispondenti al libeccio, mezzogiorno e scirocco), con licenza di qualche variazione di inclinazione dovuta all'orografia del luogo, ma che non doveva superare al massimo i 20-30°.

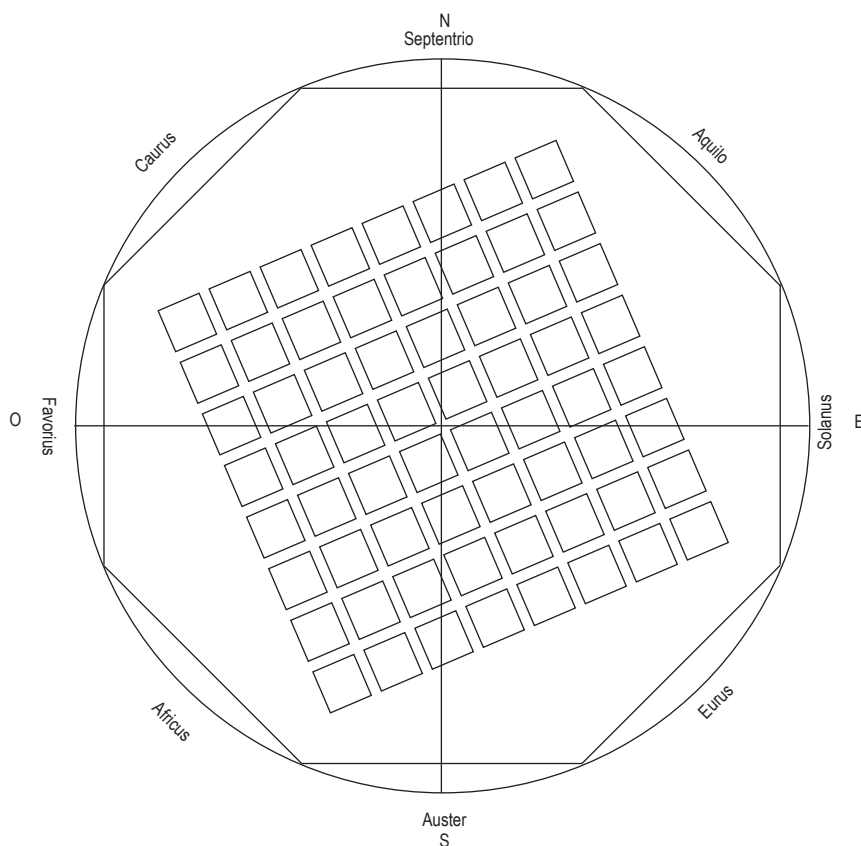


Figura 1.2. Orientamento del reticolo urbano (fonte: Vitruvio Pollione, *De Architectura*)

Tale impianto è rigorosamente il supporto di molte città di fondazione romana, ad esempio il nucleo originario di Firenze aveva il suo asse di orientamento principale sulla direttrice che connetteva il fiume Arno alla città etrusca di Fiesole, quasi esattamente a nord-sud. Nello stesso modo si comportano Lucca, Bologna, Perugia, Fano ecc., ma anche città come Timgad in Algeria, in Polonia o in Spagna. Corrispondente e in razionale correlazione con il suo asse principale, il *cardo maximus*, si organizza la struttura della viabilità cittadina, con assi d'impianto edilizio e assi ad esso ortogonali con direzione est-ovest e orientati ai venti dei relativi quadranti: i *decumani*.

Tale intelaiatura della viabilità, sia che essa sia fatta di terra che di canali di acqua, segue fundamentalmente le stesse regole.

Interessante è una nostra recente ricerca sulla struttura bioclimatica di Venezia (figura 1.3) dove l'equilibrio dei venti e la dinamica della laguna e del mare, con

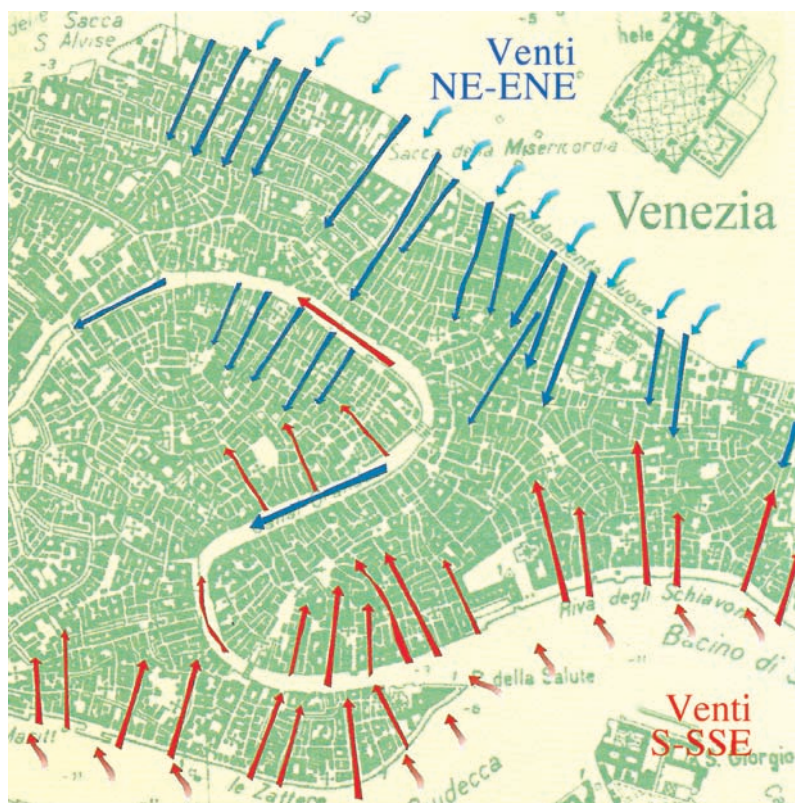


Figura 1.3. La struttura anemologica della città di Venezia: i venti da sud-est, in particolare lo scirocco, responsabili del noto fenomeno dell'acqua alta e i venti da nord-nord-est, in particolare la bora, che contribuiscono all'equilibrio della laguna attraverso la riduzione delle acque alte e la ventilazione naturale (fonte: articolo di Sartogo F., *La ventilazione naturale nel processo evolutivo della città*)

il noto fenomeno dell'acqua alta, sono in strettissima relazione con la direzione e il regime dei venti e la continua ventilazione che, favorendo la traspirabilità e l'igroscopia dei materiali costruttivi, permette il controllo e il riassorbimento dell'umidità, condizione importante per il comfort e la conservazione di quella particolare città e della sua edilizia.

L'intelaiatura degli assi portanti della viabilità costituisce il palinsesto dell'intera città, la sede delle maglie fondiarie e il disegno del tessuto edilizio. Sui suoi percorsi principali, sui percorsi d'impianto e sui percorsi di collegamento si organizza il tessuto edilizio caratterizzato dal costante e ricorrente fenomeno dell'isorientamento solare dello spazio interno, della tipologia a corte, poiché è verso lo spazio libero interno che l'edilizia può e vuole acquisire il massimo irraggiamento e la massima ventilazione possibile.

Ne deriva che sugli assi nord-sud si generano lottizzazioni di "case-corti", con l'edificazione principale posta perpendicolarmente al percorso e voltata a sud all'interno della corte, mentre sugli assi est-ovest si generano case-corti poste in fregio all'asse di accesso in posizione parallela e con il lato principale a sud all'interno della corte.

La tipologia edilizia presente in molte città d'Italia di formazione indo-europea e romana è costituita dalla "casa-corte italiana", come interpretazione locale della *domus* romana. Essa, all'interno del preciso recinto murario, articola i suoi volumi edilizi, gradualmente nei secoli, intorno a due sistemi fondamentali: il primo, *atrium*, spazio aperto più architettonico e concluso con funzione anche di *impluvium* per la raccolta d'acqua; il secondo, *peristilium*, spazio più grande, con funzione di giardino e orto.

Tali sistemi sono non solo la risposta tipologica più consona a condizioni di aggregazione urbana compatta che si presenta in molte città ad alta densità abitativa, ma sono anche i luoghi per un migliore ed efficiente equilibrio bioclimatico, ove sono situate le superfici e le coperture maggiormente soleggiate, ove ventilazione e illuminazione naturale vengono garantite nei limiti del mantenimento della dimensione degli spazi aperti.

Quasi tutte le città italiane, come quelle soprattutto dell'area mediterranea, lungo i loro assi solari e di ventilazione principali hanno una forte permanenza di case corti nella stesura originale della loro tipologia portante, una presenza degli spazi interni degli *atrii* molto ricorrente, e l'antico assetto bioclimatico spesso ancora molto efficiente.

L'epoca medievale è molto ricca di soluzioni e attenzioni per l'ecosistema urbano sotto il profilo ecologico e bioclimatico. Gli statuti delle città trecentesche sono una lezione di comportamento e di cultura urbana. L'epoca della nostra era industriale dimentica molto in fretta tutta la lezione fino ad ora acquisita per un nuovo obiettivo tecnologico e di sviluppo che porterà la società a un totale cambiamento.

1.2.3.1. Zonizzazioni e tipologie climatiche

Nei Paesi del Nord Europa, ove il clima è generalmente freddo d'inverno e temperato d'estate, un avanzato stato di efficienza e di controllo si è ormai consolidato. Oggi è sempre più necessaria una attenzione verso quei Paesi, che rappresentano circa 1/3 della superficie del mondo, ove l'aumento della temperatura e rapidi cicli meteorologici hanno creato una nuova complessità di tipologie climatiche che variano dai regimi caldo umidi a quelli caldi secchi, a quelli temperati e a quelli tropicali e subtropicali, ove il riscaldamento diventa meno importante di fronte alla necessità di raffrescamento e della ventilazione naturale.

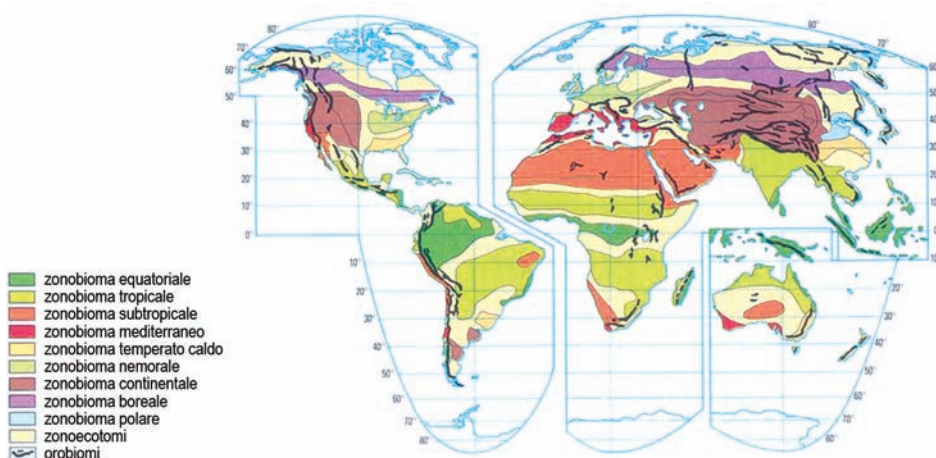


Figura 1.4. Le zonizzazioni climatiche del mondo

All'interno dei 5 anni di ricerca della IEA/SHC Sustainable Solar Housing Task 28, alcuni esperti provenienti dall'Australia, dal Giappone, dalla Malesia, dall'Italia e dall'Iran costituiscono il "Cooling Group", un interessante gruppo di studio su città con particolari tipologie climatiche. *Bioclimatic Housing, innovative design for warm climates*, coordinato da R. Hyde, è il risultato di questo lavoro. Il contributo italiano di Francesca Sartogo e Valerio Calderaro è contenuto nel capitolo 3 "Mediterranean Climate" e nel progetto pilota di Umbertide (Umbria, Italia) in cui il disegno urbanistico è determinato dalla ventilazione naturale².

Il Mediterraneo è una complessa zona climatica e culturale, tanto da assumere oggi il valore di una caratteristica tipologia scientifica di riferimento.

² Gisotti G., 2007, *Ambiente Urbano*, paragrafo 3.7 "Il clima e la progettazione ecologica della città" e Hyde R., *Bioclimating Housing. Innovative design for warm climates*, Chapter 3: *Mediterranean Climate*, Calderaro V., Sartogo F., 2008.

La varietà delle condizioni climatiche, l'orografia molto corrugata e la morfologia delle zone costiere e montane di questo grande lago ne fanno un'area molto interessante per le implicazioni che possono avere su un'architettura che volesse essere appropriata, consapevole e climaticamente responsabile³. Quest'area è inoltre la culla di una antichissima civiltà e in qualche modo dell'Architettura Bioclimatica, che meriterebbe di essere scoperta e culturalmente approfondita. Dal punto di vista dell'efficienza e del comfort termico degli edifici di questa area, certamente molta importanza dovrebbe essere data al raffrescamento estivo, piuttosto che al riscaldamento invernale, tutt'al più nella stessa misura. Inoltre il ruolo della ventilazione e dell'illuminazione naturale diventa fondamentale. Un'altra componente importante è il rapporto degli edifici tra di loro e quindi la morfologia degli spazi esterni, in un "salto di scala" dall'edificio al tessuto edilizio e alla forma urbana vera e propria. Diventa fondamentale, proprio nelle nostre aree climatiche, organizzare la progettazione in modo olistico, in cui tutti i problemi sono interrelati fra di loro e la dimensione urbanistica del quartiere, dei rioni, degli ambiti territoriali omogenei diventa una componente molto importante, sia dal punto di vista della gestione ambientale che dal punto di vista economico. Non si può contenere il risparmio energetico, applicare i requisiti di efficienza energetica e soprattutto l'uso e la distribuzione di nuove fonti rinnovabili solo a livello del singolo edificio, senza coinvolgere implicazioni ad area più vasta. Oggi il progetto della città sostenibile deve svolgersi secondo parametri della dimensione urbanistica.

È necessario un massiccio cambiamento di rotta contrassegnato da una vera rivoluzione tecnologica, sociale e culturale, che coinvolga fundamentalmente il modo di progettare, di costruire e gestire il territorio e soprattutto un nuovo modello energetico. I parametri della società e dell'architettura del mondo dei combustibili fossili non sono più adeguati per il mondo del futuro, che dovrà essere calibrato secondo le varie zone climatiche e culturali del pianeta. Non si possono progettare e realizzare edifici e quartieri urbani senza precise strategie ambientali e poi aggiungervi successivamente impianti non rinnovabili, non coerenti o oppositivi ai contenuti della stessa strutturazione di partenza.

L'esperienza della nuova avanguardia solare chiamata *Architettura bioclimatica* oggi è la risposta verso una necessaria maggiore sensibilità energetica e culturale, in rapporto con il proprio luogo di appartenenza. L'Architettura bioclimatica è quel tipo di architettura o di strutturazione urbana che ottimizza le relazioni energetiche e l'ambiente naturale attraverso la propria forma. La geometria della forma architettonica e delle sue componenti riacquista quelle millenarie funzioni,

³ Sartogo F., *Ricerca e presentazione al Congresso "Le città del Mediterraneo alla sfida di Kyoto"*, Roma 4 novembre 2005.

aperte allo sfruttamento e accumulo termico delle risorse naturali del sole e del vento o chiuse per difendersi dal freddo invernale o dall'eccessivo surriscaldamento estivo.

1.2.4. Il paradigma dell'energia

Nel percorso dell'inserimento delle strutture dell'uomo nell'ecosistema naturale e umano, il ruolo dell'energia è stato sempre al centro del problema ed è il fattore condizionante di qualsiasi forma di sviluppo. Fin dai periodi più antichi, le città come l'Atene del V secolo a.C. o l'antica Pompei o la Roma dei Cesari, come la più moderna metropoli di oggi, sono il risultato, secondo tecnologie più o meno avanzate, delle reti delle risorse delle fonti di energia disponibili sul proprio territorio. Inizialmente l'uomo si organizza con tecnologie legate all'acqua, allo sfruttamento delle biomasse, al lavoro animale o alla forza dell'uomo e più tardi dall'energia del sole, dell'acqua e del vento.

Ma i principi che furono il motore dell'esistenza delle antiche civiltà legavano strettamente forme, tecnologie, regimi economici e socioculturali alle fonti energetiche disponibili e usate localmente.

1.2.5. L'organismo della città storica come sinecismo di distretti autonomi organizzati in rete

Il territorio, fin dagli inizi dell'organizzazione delle grandi "civiltà civili", è costituito come un organismo vivente che si articola in una dinamica legata agli elementi geomorfologici e climatici delle singole aree. L'inserimento dell'uomo avviene gradualmente con meccanismi di aggregazione e di interrelazione che acquistano maggior valore e complessità secondo i livelli di cultura e tecnologia acquisita.

Il reticolo delle vie di comunicazione, il controllo del regime delle acque e della sistemazione del suolo con l'attestazione delle prime aree produttive e le polarità urbane sono le matrici del disegno del territorio conquistato e organizzato dall'uomo. Esso è fortemente pianificato anche se articolato in cicli diversi di impianto e a cicli di consolidamento tecnologico. È interessante, nella area europea mediterranea, vedere ancora oggi i segni della permanenza dell'organizzazione centuriale agricola e idraulica, impostata fin dai primi secoli avanti Cristo dai Romani e vedere come tutto è relazionato a questa impostazione iniziale: dimensione poderale, vie consolari, canalizzazioni idrauliche, polarità e gerarchia delle concentrazioni urbane.

È interessante notare, inoltre, come la localizzazione delle città sia articolata in riferimento a raggi di influenza e a valori di reciprocità e interrelazione di un

unico e più vasto ambito territoriale, costituito da vari gradi scalari di coesione umana, quali le città, le province, le regioni, le nazioni. Che lo voglia o no l'uomo è vincolato a gradi intermedi: il vicinato, il rione, il quartiere, la città, la provincia, la regione, entità sociali che hanno una proiezione diretta nella fisicità del suo ambiente, nella struttura del suo spazio.

Vi è sempre un sistema di “moduli” e “sopramoduli” tale che la molteplicità viene contenuta da una gradualità di relazioni, in cui ciascun uomo si riconosce non solo come elemento tra elementi di numero indefinito, ma come elemento di un sistema decentralizzato, totalmente comprensibile per una certa possibilità di apprendere i confini di ogni modulo intermedio. L'organismo città trae dall'organismo territoriale, dalle proprietà poderali, dal tracciato delle vie di comunicazione, il suo disegno e la sua organizzazione. La centuriazione romana e le successive trasformazioni fondiarie medievali sono responsabili degli ambiti lottizzati dei tessuti edilizi mentre, sulle vie di comunicazione esterne, si organizzano le successive espansioni per borghi lineari prima, e le successive polarità proto urbane ed urbane.

Di norma, il disegno della formazione della città indoeuropea, sia di impianto greco come di quello romano, avviene con la costituzione di un primo nucleo pianificato come centro principale e organismo urbano di base. Esso è delimitato da mura e organizzato lungo un percorso matrice, spesso orientato secondo i canoni eliotermici e secondo le componenti climatiche e geomorfologiche dell'area culturale a cui appartiene. Esso ha una complessità e una dimensione secondo il grado di sviluppo della propria area culturale e varia acquisendo il momento delle trasformazioni dei primordiali *vici* proto-urbani o delle susseguenti *polis* greche o *civitas* romane di età repubblicana e imperiale. Esso è un organismo completo in tutte le sfaccettature necessarie a una comunità sia dal punto di vista amministrativo, legale, che funzionale, sociale e infrastrutturale, tanto da garantirne una perfetta autonomia e autosufficienza.

Questo sviluppo è molto chiaro e perfettamente leggibile nella storia delle nostre città. Esso coincide spesso con la codificazione di un momento del divenire processuale delle strutture della città. La formazione dei rioni di Roma, dei quartieri di Perugia o dei sestrieri di Venezia corrisponde a questi moduli urbani. Essi si possono identificare spesso per le loro caratteristiche intrinseche o di accentuata specializzazione funzionale e di servizio quali quelli con la localizzazione dei mercati e con la gerarchizzazione ad essa relativa, come il “Mercato vecchio” più centrale e gli altri “Mercati novi” più periferici, o quei moduli urbani prodotti dalla pianificazione delle istituzioni conventuali e religiose che dal Medioevo all'Ottocento hanno costituito, secondo raggi d'influenza e quantità di popolazione, una precisa suddivisione fisica, religiosa, amministrativa, assistenziale ed educativa della città. Essi sono i primi distretti urbani nel disegno evolutivo della città.

1.2.6. Il ruolo dell'energia nel XXI secolo

Per decenni, se non per secoli, la parola energia non entra a far parte del vocabolario della pianificazione urbana e territoriale.

Molto poco appropriato è il panorama della nostra recente epoca industriale e postindustriale che si fonda su materie prime derivate da fonti non rinnovabili. Ogni cosa è fondata su materiali tossici e di difficile riassorbimento.

La città è diventata una collezione di oggetti, non più un organismo, non ha più le sue reti e la sua struttura, ma soprattutto ha perso la sua comunicazione, è un colloquio da "lingua morta" senza disegno, disordinata e senza regole.

Ma la sua struttura fondamentale, l'energia, è oggi di nuovo un argomento centrale delle politiche urbane. Infatti l'attuale crisi economica e sociale ci obbliga a ridefinire i nostri stretti rapporti tra ambiente e tipologia delle sue risorse e il necessario cambiamento da un sistema fondato sulle energie fossili a uno nuovo fondato sulle fonti rinnovabili.

Le energie rinnovabili, localizzate ovunque, potrebbero essere prodotte, trasformate e distribuite in sistemi razionali di reti autonome e decentralizzate.

Possono indurci a ridimensionare tutti i parametri dell'attuale modello energetico divenuto monopolio centralizzato e ritornare a parametri localizzati, di nuovo efficienti a piccola e media scala in cui città e territorio ritrovino il primitivo equilibrio in continuità con il proprio ordine e la propria cultura.

Gli edifici trasformati in impianti energetici, insieme a sistemi di reti autonome intelligenti a livello di comparti e settori urbani, possono di nuovo ridisegnare la continuità con il modello e la dimensione degli antichi rioni, dei sestieri, dei campi dei nostri principali centri storici.

La storia, i parametri vitruviani e l'energia prodotta da fonte rinnovabile dovrebbero riportare un nuovo ordine nell'architettura e nell'urbanistica.

1.3. Il modello energetico convenzionale fondato sulle energie fossili non rinnovabili

1.3.1. Struttura del modello fondato sui combustibili fossili

Il modello energetico fondato sulle energie fossili è molto complesso, in quanto si basa sulla localizzazione delle materie prime e sui vari sistemi di trasformazione e di approvvigionamento, partendo dalla fonte delle diverse risorse fino ad arrivare al consumatore finale. Esso si articola come una immensa e polarizzata ragnatela di interconnessioni, create per risolvere tutti i problemi di un'estrazione di energie che si trovano in un piccolo numero di regioni e una vastissima distribuzione generalizzata in tutto il mondo.

Il modello energetico della civiltà del XX secolo, inoltre, rompe tutti i legami con i luoghi di appartenenza: il processo dell'estrazione può essere localizzato in

qualsiasi zona geografica, separato dalla localizzazione degli utenti finali e dalla rete della generazione elettrica. L'ecosistema preesistente, fortemente legato alla proprie radici economiche, fisiche e culturali, è totalmente travolto dai sistemi di produzione e approvvigionamento che riguardano l'intero pianeta.

Il mondo del mercato di questo modello energetico genera anche i fenomeni collaterali di concentrazione e globalizzazione. Da una parte la costituzione di monopoli di Paesi produttori di energie, dall'altra Paesi industrializzati, sempre più dipendenti da quelli produttori ed esportatori di energia.

In breve si analizzano i sistemi di approvvigionamento delle varie tipologie delle risorse energetiche.

1.3.1.1. La filiera del carbone

I Paesi esportatori di carbone oggi sono l'Australia, gli Stati Uniti, il Sudafrica, il Canada, la Russia e la Polonia. Il carbone si differenzia per tipi e qualità. La grande varietà delle tipologie delle fonti del carbone determina il primo anello della complessa e differenziata modalità dell'estrazione, che va dai depositi a cielo aperto a quelli dei pozzi delle miniere sotterranee. Il secondo anello riguarda la raffinazione che viene attuata per rispondere alle diverse domande; il carbone grezzo subisce una prima purificazione poi, attraverso processi di frammentazione, omogeneizzazione e disidratazione, viene trasformato in materiale a piccola scala, pronto per essere bruciato nelle centrali termoelettriche oppure trasformato in carbon coke per essere usato negli altiforni. Il terzo anello riguarda l'eliminazione dei rifiuti attraverso processi di lavaggio e di filtraggio, che spesso provocano inquinamento nelle acque e grossi consumi di energie. Il quarto e il quinto anello riguardano il trasporto e la distribuzione alle centrali termoelettriche e agli utenti finali, cioè strutture edilizie pubbliche e private, strutture commerciali e industriali.

Le filiere del carbone, del gas e del petrolio hanno registrato negli ultimi anni una forte crescita per il loro trasporto a grande distanza.

1.3.1.2. La filiera dei gas naturali

Anche le risorse di gas naturali si trovano in poche regioni del nostro pianeta; esse sono soprattutto in Russia, nel Mar Caspio, in Iran e in Algeria. Il primo anello della catena della filiera dei gas naturali è l'estrazione. Tale filiera è molto complessa, perché il gas, per essere trasportato, deve subire processi di purificazione e di condensazione, tanto che, per problemi tecnici ed economici, spesso il secondo anello avviene assorbito nell'anello precedente. Il terzo anello della catena è il trasporto dei gas liquidi attraverso la rete dei gasdotti, delle stazioni di compressione, fino alle cisterne di compostaggio. Tale trasporto è molto delicato e costoso perché lo stoccaggio dei gas liquidi nei vettori sia marittimi che terrestri

(carri botti, navi cisterne, petroliere) deve essere assicurato da un buon isolamento, una climatizzazione costante, un sistema di refrigerazione; il tutto ottenuto con alti consumi di energia. Naturalmente i rischi di incidenti sono spesso elevati. Il quarto anello è la distribuzione che viene organizzata attraverso gasdotti regionali, serbatoi fino ai consumatori finali costituiti da caldaie e motori termici delle abitazioni private, dalle industrie, dagli enti di erogazione di elettricità che a sua volta bruciano il gas.

1.3.1.3. La filiera del petrolio

La filiera del petrolio è costituita da almeno sette anelli di una catena lunga e articolata. Il primo anello è costituito dalla operazione della estrazione della materia prima: poche sono le principali riserve petrolifere che si trovano in alcune località della penisola Arabica, negli Stati Uniti, in Messico, in Venezuela, in Argentina, nei mari fra la Norvegia e l'Inghilterra, in Cina e in Indonesia. L'estrazione ha bisogno di alta tecnologia e di un forte impegno economico. Il secondo anello è il trasporto della materia prima allo stato di petrolio greggio verso gli stabilimenti di raffinazione dei paesi industrializzati, attraverso oleodotti, stazioni di pompaggio, navigazioni marittime con petroliere e navi cisterne, con rischio di incidenti che causano spesso episodi di inquinamento ambientale di grave portata.

Il terzo anello è l'operazione di trasformazione dello stato del petrolio greggio in combustibile e sostanze per le industrie chimiche. Essa avviene attraverso processi di raffinazione che producono problemi ambientali ancora più pesanti di quelli dei primi anelli della catena, con emissioni di idrocarburi, zolfo, azoto e monossido di carbonio. Il quarto anello è l'eliminazione dei rifiuti. Il quinto è il sistema di stoccaggio dei combustibili prodotti dalla raffinazione; il sesto è il trasporto del combustibile alle varie stazioni di rifornimento; il settimo e ultimo è la distribuzione e il rifornimento dei combustibili fossili agli utenti finali quali i motori delle automobili, le caldaie, le centrali di energia elettrica, i sistemi di climatizzazione, le sostanze dell'industria chimica e manifatturiera derivanti dal petrolio.

1.3.1.4. La filiera dell'energia nucleare

Il minerale uranio, materia prima dell'industria nucleare, è distribuito nel pianeta abbastanza uniformemente; esso è presente nella crosta terrestre in concentrazioni minime in varie parti, ma tre sono sostanzialmente i Paesi che detengono la concentrazione maggiore delle riserve minerarie, pari al 58% di quelle dell'intero globo. Essi sono l'Australia, il Canada, e il Kazakistan.

Il primo anello della catena, l'estrazione, è molto complesso e delicato per il problema delle radiazioni; il secondo anello riguarda il trasporto del minerale uranio estratto per lunghi tragitti (dai luoghi dell'estrazione) verso i Paesi industriali

dove, nel terzo anello della catena, si eseguono i processi di raffinazione e il minerale viene trasformato in ossido di uranio o *yellow cake*; nel quarto e nel quinto anello viene trasportato verso i processi di produzione dell’esafluoruro di uranio; nel sesto anello agli impianti per l’arricchimento; nel settimo alla produzione di barre di combustibile; infine nell’ottavo anello viene inviato alle centrali nucleari per la produzione di energia elettrica.

1.3.1.5. Dalla produzione alla distribuzione: le reti

Alle catene dell’approvvigionamento delle varie tipologie di energie non rinnovabili si deve aggiungere poi il sistema delle reti di distribuzione dell’energia elettrica, con tutte le stazioni e le sottostazioni di trasmissione dall’alto al medio voltaggio fino al basso voltaggio dei consumatori finali. Tutto questo sistema ha percorsi di reti con estensioni di migliaia di chilometri e spesso con perdita di energia e tempi e costi pesantissimi.

1.3.1.6. Il modello energetico e i processi di concentrazione

I sistemi di approvvigionamento fondati sui combustibili fossili, per la complessità del modello energetico e i costi delle varie fasi della catena, si sono trasformati in operazioni per pochi. Le industrie estrattive ed energetiche hanno subito un processo di globalizzazione e concentrazione che era insito nel modello stesso. Solo società con forti mezzi economici e tecnologici potevano affrontare

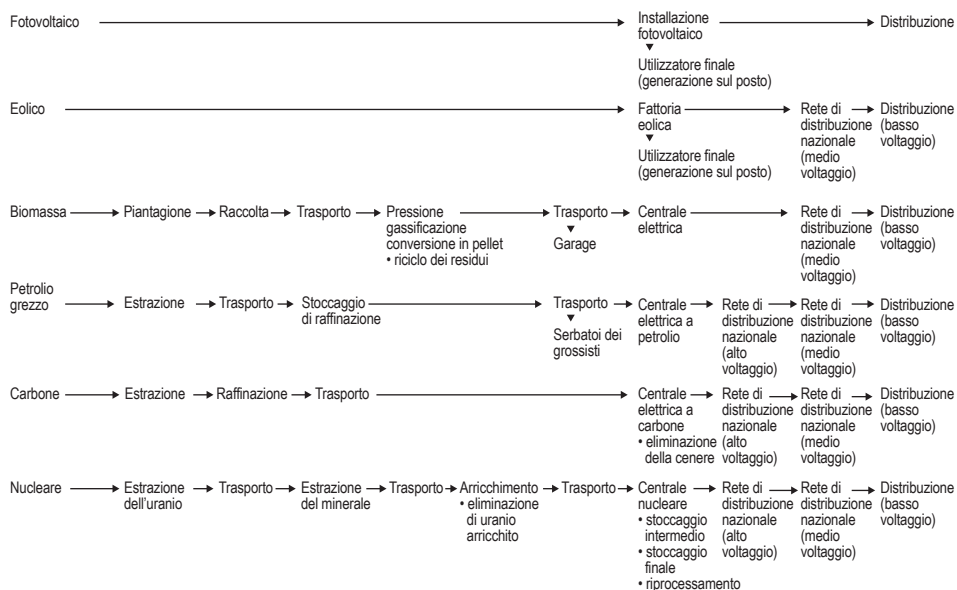


Figura 1.5. Confronto tra la complessa generazione di energia elettrica da combustibili fossili e da fonti rinnovabili (fonte: Scheer H., *Il solare e l'economia globale*)

tutti gli investimenti necessari per le ricerche dei giacimenti e delle indagini geologiche, delle trivellazioni della fase dell'estrazione, o la creazione degli impianti di trasformazione delle varie fasi successive nonché gli oneri della fase del trasporto e delle reti di distribuzione (gasdotti, superpetroliere, navi cisterne ecc.). I giganti del petrolio e dei combustibili fossili, le famose 7 sorelle, costituiscono il modello dei monopoli dell'energia, i soli *global player* del XX secolo. Il modello energetico dei combustibili fossili è concentrato in pochi attori che dividono il mondo in monopoli estrattori, produttori e distributori di energia e una totalità di Paesi consumatori in totale dipendenza da essi.

1.4. Le energie rinnovabili e il nuovo modello energetico

1.4.1. *Le risorse rinnovabili: la nuova opportunità energetica mondiale*

Il sistema delle energie rinnovabili prodotte dal sole ogni anno fornisce 15.000 volte più energia di quanta ne viene consumata dall'intera popolazione umana⁴. È assolutamente assurdo che si continui a sostenere che il fabbisogno energetico dell'umanità non possa essere soddisfatto dalla energia del sole o dalle fonti derivate dal sole.

Da tempo ormai si stanno consolidando esperienze, ricerche e tecnologie che consentono di sfruttare sempre più le risorse da fonti rinnovabili: per generare elettricità dall'energia del sole con sistemi fotovoltaici, dall'energia del vento con fattorie eoliche, dall'energia dell'acqua con sistemi idroelettrici e del moto ondoso e dalla combustione delle biomasse e delle bioenergie, e ancora sistemi per riscaldare/raffreddare edifici e città e per far funzionare sistemi industriali. La Banca Mondiale ha riconosciuto nelle sue pubblicazioni l'immenso assortimento di tecnologie che ormai da tempo possono tracciare una definitiva immagine di un prossimo futuro basato sulle energie rinnovabili. Essa sostiene che per operare definitivamente sia necessario assolvere a tre fondamentali dati statistici:

1. l'attuale domanda energetica complessiva;
2. la capacità delle tecnologie di nuova generazione solare;
3. il grado di insolazione, i venti prevalenti, la portata media dei fiumi, la disponibilità di terre a uso agricolo e a riforestazione, coperte da vegetazione verde.

Le risorse delle energie rinnovabili non sono solo molto diversificate, ma soprattutto sono distribuite diffusamente su tutto il territorio del pianeta. Il potenziale delle risorse rinnovabili e la loro disponibilità, nelle varie zone geografiche, è immenso.

⁴ Scheer H., *Il solare e l'economia globale*, 2004.