

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

**Metodi per la valutazione della "Componente salute"  
nell'analisi di impatto ambientale**

Corso tenuto presso l'Istituto Superiore di Sanità  
in collaborazione con l'Organizzazione Mondiale della Sanità  
Roma, 23-25 Novembre 1988

a cura di  
G.A. Zapponi\* e M.C. Calicchia\*\*

\* *Laboratorio di Igiene Ambientale*

\*\* *Segreteria per le Attività Culturali*

Istituto Superiore di Sanità, Roma

Metodi per la valutazione della "Componente salute" nell'analisi di impatto ambientale. Corso tenuto presso l'Istituto Superiore di Sanità in collaborazione con l'Organizzazione Mondiale della Sanità. Roma, 23-25 Novembre 1988

G.A. Zapponi, M.C. Calicchia (Ed)

Giu 91, 210 p. Rapporti ISTISAN 91/17 (In Italiano)

Si presentano gli atti del terzo Corso organizzato dall'Istituto Superiore di Sanità, in collaborazione con l'Ufficio Regionale dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e rivolto agli operatori del Servizio Sanitario Nazionale. Negli ultimi anni l'OMS ha più volte sottolineato la necessità di una maggiore considerazione della "Componente salute" nella Valutazione di Impatto Ambientale (VIA). Uno studio eseguito dagli esperti dell'Istituto Superiore di Sanità, in collaborazione con l'OMS, ha identificato 5 punti essenziali a questo scopo: 1) identificazione preliminare dei rischi per la salute umana; 2) valutazione quantitativa dei carichi inquinanti e dei rischi di incidenti; 3) studio sanitario del territorio coinvolto; 4) previsione dei livelli di inquinamento ambientale e definizione dei possibili scenari di esposizione; 5) valutazione dei possibili effetti connessi con gli scenari di esposizione.

*Parole chiave:* Acqua, Aria, Epidemiologia, Formazione, Suolo, Tossicologia, VIA (Valutazione Impatto Ambientale).

Istituto Superiore di Sanità, Rome (Italy)

Methods for the determination of the "health component" in environmental impact assessment. Course held at the Istituto Superiore di Sanità, in cooperation with the World Health Organization. Rome, 23-25 November, 1988.

G.A. Zapponi, M.C. Calicchia (Eds)

Jun 91, 210 p. Rapporti ISTISAN (ISTISAN Reports) 91/17 (In Italian)

Proceedings of the third Course are presented. This Course was held at the Istituto Superiore di Sanità (Italian National Health Institute) with the cooperation of WHO European Regional Office and the participants were Italian National Health Service personnel. During the last years the World Health Organization (WHO) has pointed out the necessity of an appropriate consideration of the health component in the Environmental Impact Assessment. A study, carried out by the Istituto Superiore di Sanità (ISS) experts in collaboration with WHO, has identified five basic points particularly relevant for this purpose: 1) preliminary identification of human health risks; 2) quantitative assessment of pollution charges and of serious accident risks; 3) health oriented study of the affected area; 4) prediction of environmental pollution levels and definition of possible exposure scenarios; 5) assessment of adverse effects connected with exposure scenarios.

*Key words:* Air, EIA (Environmental Impact Assessment), Epidemiology, Soil, Toxicology, Water, Training.

Si ringraziano il Dr. A. Piccioni per la preziosa e fattiva collaborazione prestata nella preparazione di questo rapporto e la Sig. Mascia Masciocchi per il supporto tecnico collaborativo e altamente professionale.

## INDICE

PREMESSA.....	1
<i>G.A. Zapponi (ISS)</i>	
INTRODUZIONE AL CORSO.....	2
<i>R. Stern, E. Giroult (WHO-EURO)</i>	
ENVIRONMENTAL AND HEALTH IMPACT ASSESSMENT FOR CONSUMER PRODUCTS, DEVELOPMENT PROJECTS AND DEVELOPMENT POLICIES.....	3
<i>B.D. Clark (CEMP-Universita' di Aberdeen)</i>	
INTRODUCTION TO ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT.....	13
<i>G. Ziemacki, G. Viviano (ISS)</i>	
EMISSIONI DA INCENERITORI.....	29
<i>A. Piccioni, G. Viviano (ISS)</i>	
LA VALUTAZIONE RAPIDA DEL CARICO INQUINANTE.....	39
<i>L. Musmeci (ISS)</i>	
RIFIUTI SOLIDI URBANI E INQUINAMENTO SUOLO-ACQUA.....	53
<i>P. Bottoni, A. Bastone, E. Funari (ISS)</i>	
PROCESSI DI CONTAMINAZIONE DELLE FALDE ACQUIFERE DA ERBICIDI.....	65
<i>S. Caroli, O. Senofonte (ISS)</i>	
RUOLO DELLE PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE NELL'IDENTIFICAZIONE DEL RISCHIO TOSSICOLOGICO ED ECOTOSSICOLOGICO.....	73
<i>A. Sampaolo (ISS)</i>	
VALUTAZIONE DEI RISCHI DELLE SOSTANZE CHIMICHE NELL'AMBIENTE.....	83
<i>M. Belvisi, L. Onori, L. Tomarchio (ENEA-DISP)</i>	
BASE DI DATI NATURALISTICO-ECOLOGICI NECESSARI ALLA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE.....	101
<i>R. Crebelli (ISS)</i>	
IL RUOLO DEI TEST A BREVE TERMINE NELLA SPERIMENTAZIONE TOSSICOLOGICA.....	123
<i>A.R. Bucchi (ISS)</i>	
ALCUNI ASPETTI PROBLEMATICI NELLA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOSSICI PER UOMO ED AMBIENTE.....	129
<i>A. Loizzo, P. Valente (ISS)</i>	
NOTE SULL'USO DEI MODELLI DI MALATTIA NELLA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE.....	145
<i>A. Dracos (ISS)</i>	
SISTEMI IN LINEA PER IL RECUPERO DELL'INFORMAZIONE.....	153

<i>L. Binetti, R. Caroselli (Ministero della Sanità)</i>	
<b>DIRETTIVA GRANDI RISCHI E V.I.A. ....</b>	<b>159</b>
<i>G. Cortellessa (ISS)</i>	
<b>PRODUZIONE TERMOELETTRICA DA FONTE FOSSILE.....</b>	<b>165</b>
<i>F. La Camera (Ministero dell'Ambiente)</i>	
<b>LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE.....</b>	<b>171</b>
<i>M.C. Calicchia (ISS)</i>	
<b>INIZIATIVE DIDATTICHE DELL'ISTITUTO SUPERIORE DI SANITA'.....</b>	<b>177</b>
<b>APPENDICE</b>	
<b>DPCM 27 dicembre 1988.....</b>	<b>187</b>

## PREMESSA

Questo rapporto raccoglie i contributi di alcuni dei docenti del "III Corso sui metodi per la valutazione della Componente Salute nell'analisi di impatto ambientale" tenutosi a Roma, presso l'Istituto Superiore di Sanità, il 23-25 Novembre 1988, in collaborazione con l'Ufficio Regionale per l'Europa dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

La prima relazione presentata in questo rapporto appartiene a E. Giroult e R. Stern, dell'OMS, e rappresenta un punto di partenza per lo sviluppo futuro della Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), nell'ottica di una migliore protezione della salute pubblica.

La relazione, infatti, dopo un breve *excursus* sulla storia dell'impatto ambientale inteso come salvaguardia dell'ambiente, della salute e della struttura economica, sia in termini attuali che previsionali, pone l'accento sui possibili rischi cui vanno incontro i consumatori. Rischi generalmente derivanti da una serie di fattori tra i quali è possibile evidenziare: gli alimenti che, con gli attuali mezzi di comunicazione possono arrivare da qualsiasi parte del mondo e quindi soggetti a diversi tipi di controllo od imballaggio più o meno efficaci; le basse frequenze associate con la distribuzione dell'energia elettrica; le radiazioni elettromagnetiche non-ionizzanti associate ai forni a micro-onde; particolari tipologie di giocattoli; ecc.

Tutto ciò quindi ad evidenziare come oggi la salute pubblica può essere penalizzata non solo dalla costruzione di una industria chimica o di una autostrada ma anche da fattori più quotidiani come i cibi, la televisione o i giocattoli.

La seconda relazione appartiene a B. D. Clark, del Centre of Environmental Management and Planning (CEMP) dell'Università di Aberdeen, che si occupa ormai da anni di Valutazione di Impatto Ambientale a livello internazionale, e riguarda la storia della VIA, gli obiettivi ed i suoi sviluppi attuali.

Le rimanenti relazioni sono degli approfondimenti di alcuni temi specifici riguardanti la materia, come ad esempio gli inceneritori, gli erbicidi, ecc., e vengono proposte anche come complemento alle relazioni tenutesi nei precedenti corsi dell'Istituto Superiore di Sanità e già pubblicate nel Rapporto Tecnico 1988/5 dell'Istituto.

Nell'appendice, inoltre, si riporta il testo integrale del DPCM del 27 dicembre 1988 riguardante la normativa italiana per l'applicazione delle procedure di VIA.

## INTRODUZIONE AL CORSO

Lo scopo del corso è di fornire i criteri di base per un'analisi adeguata dell'aspetto salute nell'ambito della Valutazione di Impatto Ambientale (VIA). Il corso ha avuto tra i suoi fini quello di rispondere ad un'esigenza palesata dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) in relazione alla promozione e sviluppo di studi e di applicazioni riguardanti la VIA. In particolare, l'OMS sulla base dell'esame di un campione rappresentativo di studi di VIA effettuati a livello internazionale, rilevava come in essi veniva data scarsa attenzione alla "componente salute" ed agli aspetti ad essa correlati. La stessa Organizzazione metteva dunque in evidenza il considerevole potenziale di prevenzione che può scaturire da un'adeguata considerazione della salute umana, se tenuta presente, come "elemento di progetto", sin dall'inizio, nei processi e nelle politiche di sviluppo industriale ed agricolo.

L'esperienza maturata in questo Istituto, sia a livello nazionale che internazionale, ha evidenziato che l'utilizzazione di criteri e metodi consolidati della tossicologia ambientale, dello studio del destino ambientale degli inquinanti e della valutazione del rischio in genere costituiscono basi pertinenti ai fini della VIA. L'ampliamento dei criteri usuali in questa direzione rappresenta pertanto una scelta logica tesa a dare carattere unitario al corpo di conoscenze per la gestione dei problemi dell'ambiente.

L'Istituto Superiore di Sanità, nell'ambito delle sue attività in qualità di "Collaborating Centre" dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, opera da vari anni in questo campo ed ha proposto l'edizione del suddetto corso del quale si presentano, qui di seguito, la maggior parte delle relazioni come un proprio contributo in materia.

Il Direttore del Corso

Giovanni Alfredo Zapponi

# **ENVIRONMENTAL AND HEALTH IMPACT ASSESSMENT FOR CONSUMER PRODUCTS, DEVELOPMENT PROJECTS AND DEVELOPMENT POLICIES**

**R.Stern, E. Giroult**

**Regional Office for Europe of the World Health Organization**

**Copenhagen (DK)**

## **BACKGROUND**

In recent years considerable effort has been placed in developing the tools for the management of environmental risks. The major thrust has been towards improving the methodology whereby the risk of detrimental changes in the environment caused by specific human action can be anticipated, and their extent and probability estimated. Principles for the management of environmental risk have been developed through the formalism of "Environmental Impact Assessment" (EIA) whereby developers or other project initiators are required by regulatory agencies to document the environmental consequences as part of the normal process of the granting of permits by local authorities. Much of the historical activity of EIA has been based on the need to understand the regional and local consequences resulting from the chemical industry siting of industrial production and storage facilities, by the power industry siting of hydroelectric, fossil fuel or nuclear electric-generating stations, and the transportation industry development of systems, in particular for the movement of chemicals and raw materials especially liquid fuels. The general approach has been to determine the direct environmental consequences of the initial installation, the anticipated effects of normal operations, and the potential consequences of irregular operations and catastrophic failures both within and without the fence-line. The formalisms of such risk assessment are based on inventories of failure mode-consequence calculations including estimates of probabilities of chains of events and outcomes.

Because of the potential for enormous direct losses in capital investments resulting from plant or transport failure, and the direct costs of cleanup and secondary costs of liability accompanying catastrophic chemical or radiation release or plant or transport failure, the driving force for EIA is economic. The economic importance of loss-protection (eg. public, corporate and private liability) has resulted in the development of a separate industry devoted to the various aspects of quantitative-probabilistic- and comparative risk assessment and risk management.

The human health consequences of commercial activities are of no less importance than the environmental consequences. In particular many environmental changes brought about by industrial activity have direct and indirect health impact. The recognition of this fact has led to the development of a range of tools for Environmental Health Risk Management, similar to those for Environmental Risk Management.

## CONCEPTUAL ASPECTS

### **Environmental and Health Data: The Fundamental Tool For Environmental Health Risk Management**

Environmental health risks are managed via several procedures, all of which are based on the availability of a common set of data concerning chemical substances, physical factors such as noise and radiation, and other environmental hazards. On one level, the risks due to known exposure to many toxic substances are controlled via the getting of no (adverse)- effect levels (air and water quality guidelines, occupational exposure limits, etc.) together with the establishment of appropriate monitoring schemes. As long as these administrative levels are not exceeded, it is assumed that there are no adverse health effects. The monitoring performed under such administrative mandates provides a rough description of the "Environmental baseline". As long as environmental baselines of potentially toxic substances do not show upward trends it is assumed that environmental management is successful.

Except where human data is available, exposure guidelines and risk estimates are usually derived from experimental toxicity studies on various species of laboratory animals, frequently at high dose levels, which are then extrapolated by a range of different procedures to human environmental health risk factors. Because of the shortcomings of this extrapolation, considerable effort has been placed in developing environmental epidemiology as a tool to relate variation in incidence (patterns) with time or locality of some key diseases, with similar variation in the environmental baseline concentrations of priority chemicals. Studies of acute effects on aggregate populations can occasionally be made in the general environment (eg. relationship between respiratory disease incidence in sensitive populations and episodes of high air pollution), while some acute effects and many chronic effects can better be studied in terms of occupational exposures because of the potential for much higher absolute concentrations of the hazardous chemical, and the possibility of exposures which are better defined than those found in the outdoor environment. One drawback with this approach is that for certain effects (eg. cancer induced by metals) there is a delay of 10-20 years between first exposure and expression of the disease, making reconstruction of actual exposure situations extremely difficult.

Proper development and application of Environmental Health Impact Assessment (EHIA) presupposes adequate, reliable, updated, and accessible data covering the four major classifications of risk factors to health: Environmental Exposures (to chemical substances and physical factors in the general, indoor, and working environments and via air, food and water); Lifestyle Exposures (to risks from consumer products, drugs, pharmaceuticals, leisure activities, place, type, and quality of residence, diet, use of alcohol and tobacco etc.); Access to and Quality of Primary Health Care; Individually Determined Biological susceptibility. Although such data is occasionally available via research databases, there is no systematic collection of information which will permit a general assessment of the effects of environment on health within the region. The

development of a collection of such data is however not sufficient, since it is also necessary to determine the relationships between individual and combined exposure to these risk factors, and health outcomes. The improvement and updating of such an "Environmental Health Data Base" is an activity which should receive attention because an understanding of cause-effect relationships plays such an important role in EHIA activities. Since it can be expected that cause-effect relationships are similar throughout the region, such a unified database would permit the developing and testing of hypotheses concerning putative risk factors in various parts of the European Region, greatly facility the setting of priorities for Environmental Health Risk Management.

#### **Environmental Health Impact Assessment of Development Projects**

Uniform methodologies have recently been developed for EIA of major development projects, especially with respect to prediction of changes in baseline concentrations of priority substances. Similar methodologies have enabled the health impact of such projects to be determined as well, based on traditional concepts of chemical risk. In addition, a wide range of new ideas have recently been introduced in terms of what constitutes "Health Impact", including questions of shift in risk distribution, equity, and other social phenomena which have public health consequences. On the other hand, philosophical shifts in legislative attitudes have recently resulted in changes in technical approaches to health impact assessment, especially through the replacement of point estimates of risk (frequently based on worst case assumptions: the conservative approach) by risk ranges accompanied by detailed discussion of uncertainties. Improvement in EHIA of development projects will come through improvements in the quality of the technical data base for effect estimation, as well as through changes in the formalism and structure of the conceptual frameworks used. Towards this end one should consider the development of a unified framework for EHIA of development projects on a Regional and Local level. This would ensure that the same inventory of risks was considered regardless of locality, while variations in local priorities could be accommodated in EHIA activities.

#### **Environmental Health Impact Assessment For Consumer Products and Services**

The need for protecting public health from the adverse effects of consumer products and services has its roots in problems arising from food additives and adulterants, pharmaceuticals, cosmetics, traditional, regulated and non-regulated medical practices, health treatments, etc. A wide range of technical developments has led to the need for expanding our awareness to areas in which such protection is now, and will soon be necessary.

The development of international trade and of multinational industries has been followed by the rapid distribution and marketing of new consumer products throughout the world, especially in Europe where there are many levels of links between countries. At the same time, development in communication and in travel have resulted in

dissemination of anecdotal information concerning both the benefits and negative effects of new products and services. In many cases the perception of risk has become a health effect which is as important as the presence of the risk itself.

Widespread concern for cancer, and the development of short term biological tests for genotoxic substances have resulted in the perception of a cancer risk associated with consumer exposure to a wide range of substances which test is positive in these bioassays, without a real knowledge of the actual health implication of such tests. This concern has resulted in major changes in the production, preparation and packaging of food (eg. the biodynamic food), and shifts in markets, consumer habits and diet among certain significant sections of the population. Recent anecdotal information has led to the perception of a human health risk from exposure to non-ionizing electromagnetic radiation at microwave frequencies associated with household ovens, at intermediate frequencies associated with television and video-display units at home and in the office, and at extremely low frequencies associated with transmission of electricity along the power grid. These potential but completely unquantified hazards could effect an extremely large fraction of the general population in most nations, if not in terms of real risk, at least in terms of perceived risk, which for many individuals will lead to serious concern for personal safety, and to a loss of sense of well being which is becoming defined as a real adverse health effect. Other examples of areas of emerging importance for potential public health impact are associated with the use, misuse and unintended use of toys, recreational equipment and facilities, tourism, over the counter diagnostics, health improvement schemes, etc.

The examples above serve to illustrate the diversity and importance of the problem, and the urgency of the need for development of a uniform approach to Health Impact Assessment for Consumer Products and Services, including techniques needed to deal with problems of risk perception, and of risks associated with mis-use and unintended use of various consumer products.

### **Environmental and Health Impact Assessment of Development Policies**

Major development policy decisions can have direct and indirect consequences on the environment and on public health. In many cases the direct environmental and health impacts of development policy can be determined by examination of the type of projects or activities envisaged to be controlled or encouraged by the policy decision, together with a review of existing EIA and EHIA exercises. Frequently the health and environmental impacts are subtle and are the result of unintended or unforeseen changes which accompany the promotion or restriction of development. One such area of concern is the health impact of population shifts brought about by creation or loss of markets or workplaces, changes in emigration policy, and adjustments of market or trade barriers. These impacts can be due to shifts, either for the better or worse, of the quality of and ease of access to primary health care, changes in lifestyle and social status brought about by urbanization, etc.

One such major policy decision illustrative of the scope of the problem is the decision to accomplish the unification of the European Economic Community by 1992. Implementation of this decision will be accompanied by a wide range of increased opportunities for life style shifts on the part of a large fraction of the population. Reduction in "poison" taxes on alcohol and tobacco will change the effectiveness of some national strategies with respect to control of these risk factors. Changes in the availability of health care and health insurance, and in access to medical procedures and diagnostic tools will alter many of the baseline data on which national or local health planning is dependent. Increased availability of financial and monetary products and instruments (pension schemes, loans, investment opportunities) may result in population shifts (especially for certain high risk or high medical cost age groups) which will in turn be accompanied by changes in demand and efficiency of local medical facilities.

Since planning policy decisions can be a long time in development, but the response of market forces is extremely rapid, a systematic analysis of the potential for health impact of policy decisions will enable adequate preparation to be made both locally, nationally and regionally.

## PRACTICAL ASPECTS

### State of the Art

The world and especially people from industrialized countries are becoming more and more concerned with the damages on the environment and their side effects on human health resulting from accidents or disasters following the introduction of consumer products, the unfortunate siting of some development projects, or the implementation of hazardous development policies. The so-called "Brundtland Report" on "Our Common Future" consolidating the work of the World Environmental Commission has given a new publicity to this concern.

Recent examples of environmental and health impact of consumer products are for example the marine water eutrophication resulting from excessive use of agricultural fertilizers and phosphated detergents which has caused the northern Adriatic algae blooms; or the reduction of the atmospheric ozone layer and the related increase in skin cancers, resulting from excessive use of freons in domestic vaporisation. Examples of negative environmental and health impact from hazardous industrial plants such as the SEVESO accident are well known; water development projects under warm climate have increased the populations of insect vectors of tropical diseases and/or of molluscs, intermediate hosts or agents of parasitic diseases. Development policies such as energy production, transportation or intensive agriculture may have very serious environmental and health consequences resulting for example in the impact or excessive amounts of fertilizers and pesticides.

Of course development projects and development policies are needed to ensure economic and social welfare of the people and they cannot be banned except if their negative impacts are immediate and highly visible. Therefore the reasonable approach is the comprehensive assessment of their potential impact and this assessment should be done prior to the licensing of the consumer product, prior to the construction of the development project, or prior to the approval of the development policy. In case the assessment procedures identify very serious environmental and/or health impact, alternative products/projects or policies should be evaluated or mitigation measures should be designed.

Actually the preliminary health and toxicological assessment of pharmaceutical products is established for a long time in industrialized countries for obvious reasons. It is now necessary to extend this procedure to cosmetic products, cleaning products, toys, paints and so on. Similarly safety assessment of hazardous industrial plants or of civil engineering works is a long practice and what is needed now is to extend it to environmental and health issues. On the contrary environmental and health assessment of development policies or of the absence of any development policy, has not been systematically practiced in the past despite of historical environmental disasters such as deforestation, soil erosion and desertification which have resulted in a lot of places around the world from wrong agricultural policies such as efforts to put under cultivation marginal lands.

The present state of the art is as follows:

When a consumer product is a single chemical such as a drug or a detergent, standard toxicological procedures are available to assess its health impact. Methodologies have also been developed to assess the safety of toys, tools, vehicles, furnitures and so on. But very seldom comprehensive standard methodologies are available.

Procedures and methodological tools for environmental impact assessment of numerous kinds of development projects are available and this paper will explain how they can be extended to the assessment of human health impact.

Very little work has been done till now in relation to the amount of environmental and health impact of development policies. It is of course a difficult subject, but progress in this field is urgently needed and international collaboration will be needed to achieve the goal of developing efficient methodological tools.

A thorough analysis of the product components is necessary. The results of this analysis should be confronted with the environmental health data bases, but the answers may not be available yet.

## **Environmental and health impact assessment of hazardous consumer goods**

What consumer goods are hazardous? Actually almost all of them may be if improperly designed. The health hazards may be infections, wounds, poisoning or long-term risk factors for chronic diseases. The environmental impact appears either during the use of the product or after disposal of waste of the used product. Consumer products for which a healthy or safety assessment procedure exist are: pharmaceuticals, cosmetics, foodstuffs, toys, vehicles, and a few others. However these procedures are not standardized all over Europe and are not always compulsory.

### **Suggested methodology**

#### **Analytical Stage**

- Does the product include toxic components? Can these toxic components leach out (example: paints)
- Can the products produce wounds, burns, electric shock, other physical impacts?
- Does the product facilitate infection? (example: AIDS through needles, syringes)
- Is the products a risk factor for long-term chronic diseases? (example: cigarette)

### **Practical examples - Toys**

#### **Fact: Little children put toys in their mouths**

Risk of intoxication by paints containing lead; risk of wounds by broken toys or metallic features; risk of suffocation if the toy is ingested; risk of infection through skin contact with dirt collected by the toy. Each year a high number of children, and especially pre-school children are victims of domestic accidents caused by toys. Hazardous toys must be banned.

## **ENVIRONMENTAL AND HEALTH IMPACT ASSESSMENT OF DEVELOPMENT PROJECTS**

### **Methodology**

Advanced methodologies are available for environmental impact assessment of development projects. To ensure also health impact assessment, what is needed is to screen environmental impacts with health significance and to assess human exposure to this health significant environmental impacts.

The following approaches are proposed;

**Step 1:** screening and scoping of primary environmental impact (tools- checklist, matrices)

- Step 2: identification and quantification of secondary or tertiary impacts (tools - networks, energy diagrams)
- Step 3: screening of impact with health significance (tools - public health knowledge, environmental health data)
- Step 4: human exposure assessment, identification and quantification of population exposed to the environmental hazards (tools - geographical census, knowledge on ecotoxicological pathways of exposure)
- Step 5: identification and quantification of risk groups exposed (tools - population survey, medical knowledge)
- Step 6: computation of resulting mortality and morbidity (tools - human exposure assessment, dose-response curves, epidemiological)
- Step 7: human risk management procedure
- Step 8: comparison of alternatives or development of mitigation measures
- Step 9: risk management decision

#### **Practical example = coal-fired power plant**

Primary impacts: air pollution, thermal water pollution; secondary/tertiary impact; on drinking water quality resulting from hydrobiological disbalance caused by excessive temperatures in summertime; Impact with health significance - urban air quality, drinking water quality; human exposure - people exposed to the stack plumes, people supplied by water extracted from polluted rivers.

Risk groups: people suffering from chronic respiratory diseases and people sensitive to enteric diseases; quantification of morbidity risks; increase in chronic respiratory diseases incidence; increase in enteric diseases incidence.

Mitigation measures: pollution control at source, siting of the plant to avoid that large population be exposed to the plume.

#### **Practical example 2 - water reservoir construction**

Primary impact: positive one -increase in water resources; negative one- increase in population of mosquitoes, molluscs and other water-borne vector or intermediate hosts of pathogen, organisms; negative/positive ones - modification of underground water level; other possible impact; Secondary impact: decrease in water quality due to eutrophication, increase in water-borne diseases if vector is infected; salination of agricultural soil if underground water level is too high. Impact with health significance: water quality if drinking water is produced from the reservoir; infectious diseases if vector/intermediate host is infected.

The salination of agricultural soil will not be considered of direct health significance, however, it can affect health through poor nutrition resulting from decrease of agricultural production.

Risk groups: people served by drinking water extracted from reservoir (in case of eutrophication) people living in the flying range of mosquitoes (in case of tropical diseases).

Quantification: through epidemiological data

Mitigation measures: eutrophication control, mosquito control, resettlement of population exposed, prophylactic health care.

It is worth to note that the health impact of water development projects under warm climate are particularly well documented.

#### ENVIRONMENTAL AND HEALTH IMPACT ASSESSMENT OF DEVELOPMENT POLICIES

As stated before, work on this subject has just started and general methodology are not available. However, preliminary work has been done on priority subjects such as:

energy production policy

agricultural policy

urban transportation policy

#### Practical example 1 = comparison of alternative electricity production-policies

Electricity production based upon solid fossil fuels - coals, brown-coal and/or lignite: due to availability of these natural resources this policy may be justified in several eastern and south-eastern European countries, and the linked problems are studied inside a United Nations Development Programme (UNDP) /World Bank assisted inter-country project on "energy planning". The impact analysis should not deal with individual plants but with all the energy production cycle, whenever may be located individual facilities. The cycle includes:

##### The mining stage

- If underground mining: health impact through accidents, environmental impact through subsidence (decrease of surface soil altitude which makes necessary damming of rivers).

- If open-air mining: impact on underground and surface water balance, impact on air and water quality, as well as, on water reservoirs. Need to rehabilitate the holes after decommissioning.

- At the fuel-firing stage: air pollution, and especially long-range acidic air pollution with impact on vegetations, building materials, forests, water quality and so on. Also water pollution from discharge of water used to depollute the exhaust gas, and soil pollution through disposal of ashes, residues and gypsum from  $\text{SO}_2$  fixation on lime.

#### **Electricity production based upon the nuclear cycle**

Risk of major accidents; problems of long-term radioactive waste disposal; problems of reprocessing of used fuel; problem of accumulation of minute amounts of radioactive isotopes; health impact through radiation-induced cancers.

#### **Practical example 2 = environmental and health impact of agricultural policy**

##### Putting under cultivation, forests or range lands in tropical countries:

Environmental impact: deforestation, erosion, lateritisation, desertification;

Health impact = poor nutrition, resulting from decrease of agricultural yield following above quoted environmental impact.

##### Intensive agriculture in industrial countries

Environmental and health impact of excessive use of pesticides and fertilizers; problem of animal waste disposal from large-scale feed-lots; compaction of agricultural soil under heavy mechanical equipment; health impacts through underground water contaminated by pesticides and fertilizers.

#### **Practical example 3 = environmental and health impact of urban transportation policy**

Impact of car traffic on accidents, noise, air pollution. Are clean public transport facilities available? more electric vehicles, for example. Another alternative is to decrease the demand for urban transport through town planning decisions allowing people to live close to their work. Civil engineering work built to facilitate transportation have also environmental and health impact, for example digging tunnels and trenches affect the underground water balance.

### **CONCLUSION**

Above considerations are not answers to present-day problems but just an overview of problems to be solved. Methodology for environmental and health impact assessment do exist for most of development projects and several kinds of consumer products. There is now an urgent need to work on methodological development for environmental and health assessment of alternative economic development policies and international agencies such as UNDP and the World Bank are working towards this goal.

## INTRODUCTION TO ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT

B.D. Clark

Centre for Environmental Management and Planning

University of Aberdeen

Aberdeen (UK)

### INTRODUCTION

Since the 1960s growing environmental awareness has increasingly focussed attention on the interactions between development actions and their environmental consequences. In developed countries this concern has led to the public demanding that environmental factors should be explicitly considered in the decision-making process. A similar situation is now occurring in developing countries where it is often the decision makers in Government Environmental and Health Departments who are taking the lead.

Early attempts at project assessment were often crude and limited to Technical Feasibility Studies and Cost Benefit Analysis (CBA). CBA was developed as a means of expressing all impacts in terms of resource costs valued in monetary terms. A number of major developments such as the proposed third airport at London and the Aswan High Dam, which were assessed using CBA techniques, caused considerable public disquiet. Flaws in CBA, such as the inability to put realistic monetary values on 'environmental intangibles', became apparent and one consequence was the development of a new evaluation approach which came to be known as Environmental Impact Assessment (EIA). It is interesting to note however that real attempts are now being made to link EIA, CBA and risk assessment to overcome earlier deficiencies. The concept of EIA was seen by the environment lobby as a potentially useful tool to assist their cause whilst in the late 1980s it is now seen by many major public and private developers as an important management tool. It has evolved as a comprehensive approach to evaluation, in which environmental considerations, as well as economic - technical considerations, are given their proper weight in the decision-making process.

When EIA was first conceived, it was regarded as an "add on" component to CBA, and was designed to incorporate all those potential impacts that had proved troublesome in CBA. Table 1 illustrates the trends in the development of project assessment and indicates how EIA has evolved in recent years.

Originally EIA was conceived as a mechanism to fulfill a legal requirement. In the United States, the first formal EIA system was enacted under the National Environmental Policy Act 1970. Increasingly in both developed and developing countries, environmental assessment is seen as an ongoing iterative process, which assists the formulation of sound environmental management and planning strategies to help achieve sustainable development.

This paper will explore the aims and objectives of environmental impact assessment and consider certain key themes in this rapidly developing subject. This paper concludes by considering some of the advantages of EIA as a tool to aid more rational decision-making both by developers and control authorities and briefly mentions the key contemporary trends in the subject. It defines the broad framework of EIA into which Environmental Health Impact Assessment (EHIA) is increasingly being integrated.

Table 1. TRENDS IN PROJECT ASSESSMENT

Approximate Date	Innovations in Techniques and Procedures
1. Pre-1970	Analytical techniques; largely confined to economic and engineering feasibility studies; narrow emphasis on efficiency criteria and safety of life and property; no real opportunity for public review.
2. 1970	Multiple objective benefit-cost analysis; emphasis on systematic accounting of gains and losses and their distribution; reinforced through planning, programming and budgeting review; environmental and social consequences not incorporated.
3. 1970-1975	Environmental impact assessment (EIA), primarily focused on description and "prediction" of ecological/land use change; formal opportunities for public scrutiny and review established; emphasis on accountability and control of project design and mitigation.
4. 1975-1980	Multi-dimensional (EIA), incorporating Social Impact Assessment (SIA) of changes in community infrastructure, services and life-style; public participation becomes integral part of project planning; increasing emphasis on project justification in review process; risk analysis of hazardous facilities and unproven technology in frontier areas.
5. 1980-1988	Attention given to establishing better linkages between impact assessment and policy-planning and implementation-management phases; research focus on effects monitoring, post-project audit and process evaluation; search begins for more disciplined scoping and focusing procedures and less protected forms of consultation based on negotiation and mediator.

Source: Based B. Sadler, 1988

## DEFINITIONS OF EIA

The objective of an EIA is to determine the potential environmental, social and health effects of a proposed development. It attempts to assess the physical, biological and socio-economic effects in a form that permits a logical and rational decision to be made. Attempts can be made to reduce or mitigate any potential adverse impacts through the identification of possible alternative sites and/or processes. There is however no general and universally accepted definition of EIA and never can be. The following examples illustrate the great diversity of definitions:

- (1) ".. an activity designed to identify and predict the impact on the biogeophysical environment and on man's health and well-being of legislative proposals, policies, programmes, projects and operational procedures, and to interpret and communicate information about the impacts".
- (2) ".. to identify, predict and to describe in appropriate terms the pros and cons (penalties and benefits) of a proposed development. To be useful, the assessment needs to be communicated in terms understandable by the community and decision-makers and the pros and cons should be identified on the basis of criteria relevant to the countries affected".
- (3) ".. an assessment of all relevant environmental and resulting social effects which would result from a project".
- (4) ".. assessment consists in establishing quantitative values for selected parameters which indicate the quality of the environment before, during and after the action".
- (5) ".. the systematic examination of the environmental sequences of projects, policies, plans and programmes. Its main aim is to provide decision-makers with an account of the implications of alternative courses of action before a decision is made".

Such definitions provide a broad indication of the objectives of EIA, but illustrate differing concepts of EIA. The scope of EIA is clearly defined in only the first definition. Three definitions include socio-economic impacts, but in the last definition only the environment is mentioned. The definition of the United Nations Environment Programme (3), implies that decision-making on the relative importance of beneficial and adverse impacts, should be part of EIA. The other definitions merely indicate that EIA is an "objective", technical and predictive exercise, with no decision-making component.

For the purposes of this paper it is assumed that the main objective of EIA is to provide decision-makers with an account of the implications of proposed courses of action before a decision is made. Decision-makers are not usually involved in the assessment process, as this is normally a technical exercise undertaken by the project proponent. The results of the assessment are assembled into a document called an Environmental Impact Statement (EIS) which contains a discussion of beneficial and adverse impacts considered to be relevant to the project, plan or policy. The completed report, or EIS, is one component of the information upon which the decision-maker ultimately makes a choice. At this stage, other factors such as unemployment, energy requirements or national policies may influence the outcome of the decision. A final decision can be made with due regard being paid to the likely consequences of adopting a particular course of action, and where necessary by introducing appropriate monitoring programmes.

It is probably most useful therefore to consider EIA as a process which combines both a procedure to ensure that appropriate projects are subjected to an EIA and that the results influence the planning and execution of a project, and a method for analysing and assessing the effects of a proposal on environmental systems and the quality of the environment.

#### **THE MAIN STAGES IN THE EIA PROCESS**

Figure 2 attempts to generalise the main stages in the environmental assessment process as it has been adopted in many countries. Key stages will be explored in more detail in later sections of the paper. In some countries EIA is a direct legal requirement whilst in others it is enforced indirectly under general planning, health or pollution control powers.

These broadly defined stages reflect what is now considered to be good practice within environmental assessment. However it should be noted that there are other key elements which should be included of which the participation by the public, other government departments and agencies must be an integral part of the process.

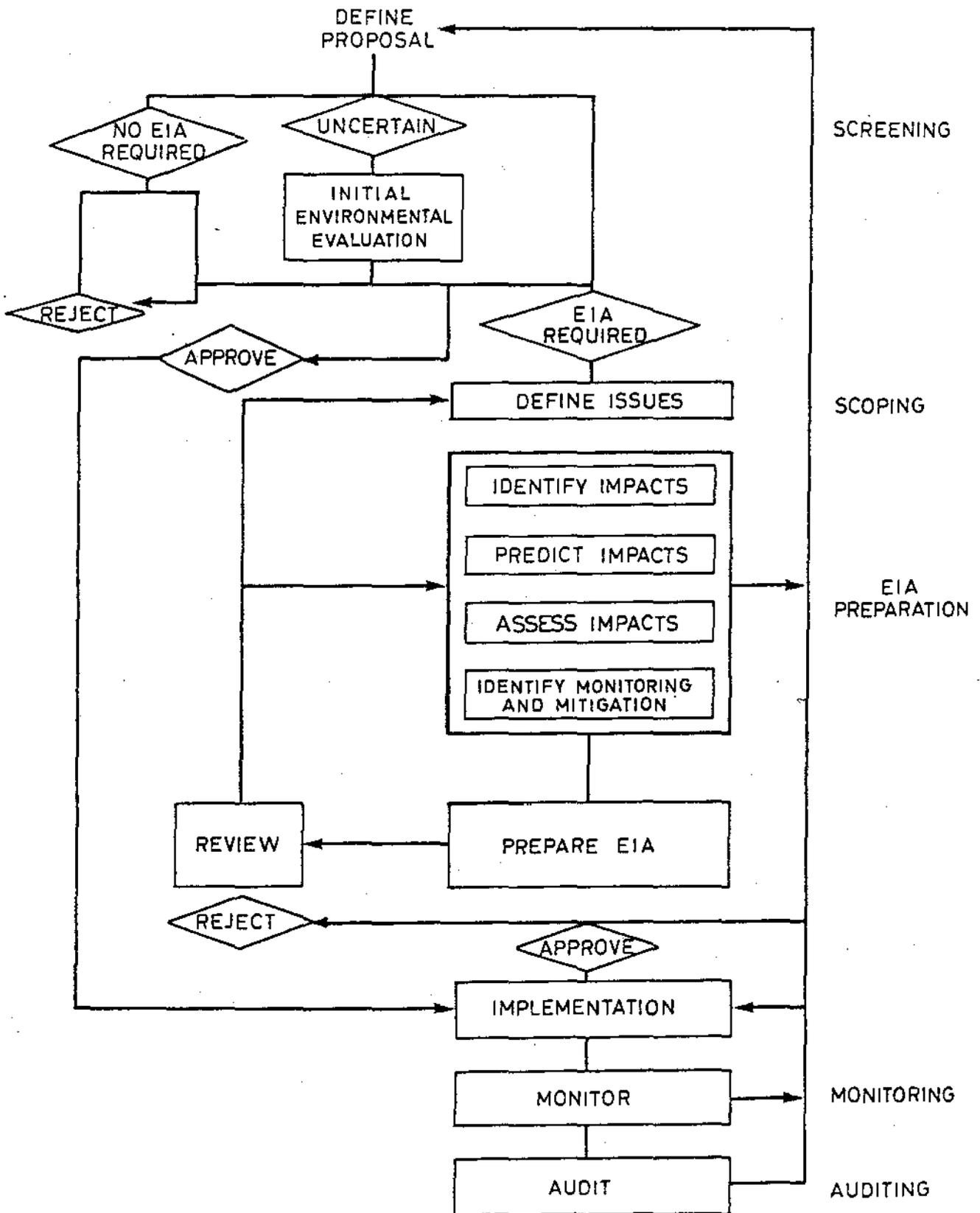


Figure 1 THE ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT PROCESS  
(based on P. Wathern, 1980)

The stages include:

- <u>Screening</u> to decide which projects should be subject to environmental assessment. Criteria used include threshold, size of project, and sensitivity of the environment.
- <u>Scoping</u> is the process which defines the key issues which should be included in the environmental assessment. Many early EIA's were criticised because they were encyclopaedic and included irrelevant information.
- <u>EIA Preparation</u> is the scientific and objective analysis of the scale, significance and importance of impacts identified. various ods have been developed to assist this task.
- <u>Review</u> As environmental assessments are normally produced by the project proponent, it is usual for a review to be undertaken by a government agency or an independent review panel. The review panel guides the study and then advises the decision-makers.
- <u>Monitoring</u> is normally adopted as a mechanism to either check that any conditions imposed on the project are being enforced or to check the quality of the affected environment.
- <u>Auditing</u> is now being developed to test the scientific accuracy of impact predictions and as a check on environmental management practices.

#### METHODS FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

It is not within the scope of this paper to consider in detail the various methods which have evolved to assist the EIA process. Suffice to say the development of methods has been a direct result of legislative requirements and compliance has been a primary objective. Methods have been developed not only to identify, describe and assess the impacts of a proposal, but also to communicate the results to decision-makers and the public. A distinction must be drawn between methods for environmental assessment and techniques for predicting specific impacts. All methods offer a means for identifying impacts, some include guidelines for evaluation. Evaluation requires information on specific impacts which must use specialised techniques such as air pollution simulation models.

A wide range of methods have been developed to assess the scale and significance of the potential impacts of a proposal. The simplest approach has been the checklist, which lists development actions to ensure that all potential impacts are considered. Matrices relate development actions on one axis to the existing environment on the other. The Leopold Matrix, for example, assigns numerical values of significance and importance on a scale from 1 to 10 to the development proposal.

As well as these simple methods, attempts have also been made to utilise more quantitative approaches. Generally these methods attempt to quantify all impacts so that total scores for a number of alternatives can be derived. Recently, increased attention has focused on the role of simulation in the impact assessment of alternative strategies for environmental management. Termed adaptive environmental assessment, multi-disciplinary groups define the scope of the problem, identify existing information, determine data requirements and build a simulation model for use in identifying likely impacts.

### **WHAT ACTIONS SHOULD EIA COVER?**

In principle, EIA should apply to all actions likely to have a significant environmental effect; in practice for administrative and technical convenience they have normally been restricted to project assessment. The potential scope of a comprehensive EIA system is, therefore, considerable and can include the appraisal of policies, plans, programmes and projects. Lee and Wood have identified the benefits of a "tiered" EIA structure, in which the environmental implications of policies at different levels of government, were regarded as the "top level" of environmental decision-making. Policies need not, in themselves, be environmental but they may have environmental consequences. The potential advantages of a tiered approach over a procedure which is restricted to development projects are:

- (1) At the development project stage, the available options are often severely limited by earlier decisions made at a higher level. Mis-specification of a project assessment (eg. a port scheme) may occur if the higher levels (eg. transport policies) were not subject to such evaluation.
- (2) Assessment of individual projects can only be conducted once proposals have been made. It cannot guarantee optimum site selection, and a thorough assessment of all alternative actions may be prohibitively expensive and time consuming.
- (3) The scope of viable alternatives and a willingness to contemplate them decreases at the project level.
- (4) The available time for collection and analysis of environmental data is increasingly restricted at the project level unless environmental baseline data has been established independent of individual project EIAs.

If plans are based on a sound environmental assessment, specific project proposals which fail to conform are likely to require detailed environmental assessment. The preparation of plans must be based on adequate data relating to the existing environment and the implications of possible changes. The systematic collection, analysis, storage and regular updating of such data must, therefore, greatly improve the quality of subsequent EIAs as well as reducing time and costs. EIA and landuse planning ought, therefore, to be seen as complementary to each other.

## SELECTION OF PROJECTS FOR EIA

Literature on EIA has focussed on the effectiveness of EIA procedures, methods and predictive techniques in achieving desired objectives. The success of EIA, however, is only as effective as the coverage of projects to which it is applied. Little attention has been paid to the topic of selecting those projects which should be subject to EIA. This has often led to the development of case law which indicates to the agencies developments for which an EIA will be required. In countries without such a procedure, guidelines rarely exist, the decision being dependent upon the scale of the proposal, its environmental setting, uniqueness of the project and the likely degree of public opposition. Because countries have adopted different approaches large disparities exist as to the number of EIAs prepared.

There are a number of means by which project selection for EIA can be undertaken. Specified development types accompanied, in some instances, by thresholds of size, cost or power requirements, may automatically require EIA. In some countries, EISs are mandatory for certain classes of development which exceed a specific financial threshold. This approach unfortunately neglects the importance of the environmental setting of a project. The extent and significance of a particular impact depends not only on the causative agent, for example, the amount of a pollutant, but also on the sensitivity of the receiving environment. Alternatively, environmentally sensitive areas can be designated in which an EIA is required for specific developments. This approach contains the implicit assumption that only specific development types are detrimental to certain environmental features.

The most suitable approach often involves consideration of both aspects. The procedure consists of lists of project types which are suitable for EIA and those which will not require EIA. An initial assessment of the project can determine whether a detailed EIA is required. In order to undertake a preliminary assessment the following components can be examined:

- (1) An environmental description of possible sites where physical, socio-economic and human health may be directly or indirectly affected by the project. This provides the baseline against which the potential impacts can be assessed. Existing landuses can be identified including those which are in conflict or which are complementary to the project.
- (2) The potential environmental effects can be identified with an indication of their magnitude in relation to the prevailing conditions. The assessment can identify those interests which may be either beneficially or detrimentally affected by the project.
- (3) A description of the possible mechanisms of environmental control as well as a list of relevant environmental standards can be prepared.

## SCOPING

It is difficult to overemphasise the importance of scoping since the success of an EIA will depend largely upon how well it is conducted. Scoping refers to the process of identifying, from a broad range of potential problems, those key issues that should be addressed by an EIA. It attempts to focus the assessment on a manageable number of important questions. The importance attached to scoping arises from the fact that environmental assessments are usually conducted under serious limitations of time and resources. Any priority-setting activity, therefore, should improve efficiency and provide a more focussed product for decision-makers.

Many methods have been developed to assist scoping, which was given a legal status in the US in the 1979 regulations to the National Environmental Policy Act. This required agencies to undertake "an early and open process for determining the scope of issues to be addressed and for identifying the significant issues related to a proposed action. Scoping therefore will provide a list of major concerns which can be incorporated into guidelines for the preparation of an environmental impact statement". Depending upon the nature of the priority issues identified, the baseline study programme undertaken as part of the EIS can be structured around the results of the scoping exercise. The scoping programme may have a major influence on the entire EIA and upon the advice given to decision-makers and in many instances will save time and resources from being wasted.

## REVIEW OF EIAs

Because most EIA systems state that an assessment must be produced by the project proponent there is usually a need for an impartial, scientific and independent review. This is not to imply that all EIAs are biased and play down adverse impacts and emphasise positive ones, although there is some evidence to suggest that this occurs. A key factor is that the public need to be confident of impartiality and for this reason there is a need for some form of independent review.

The review authority is often likely to be the authority from which authorisation for the development is requested. Questions relating to impartiality may arise when the authorising agency has been responsible for the EIA. An independent review agency may remove any suspicion of bias in those cases where the authorising agency is an advocate for the development or holds unreasonable views against the development. The functions of the review authority may include:

- (1) The "scope" of the assessment in which projects should be subjected to a full or partial EIA
- (2) General or specific guidelines and advice on methods of EIA
- (3) Formulate the terms of reference and initiate a detailed EIA

- (4) Ensure that the EIA had been adequately completed within the terms of reference
- (5) Submit the EIS together with any separate contributions from other organisations, with recommendations to the appropriate authorising agency
- (6) To act as a focus for the exchange of information and opinions concerning environmental affairs.

It is essential that EIA is not regarded as a procedure which is only to be utilised at the decision-making stages. EIA ought to be regarded as an adaptive process which continues after the decision. It would ensure that the project conforms to the standards detailed in the relevant permissions, it would provide a data base for any subsequent impact study as well as allowing the monitoring and control programme to adapt to changing circumstances or increased knowledge.

#### **PUBLIC INFORMATION AND PARTICIPATION IN EIA**

Public involvement should be an integral part of any EIA system. Efforts should be made to obtain the views of, and to inform, the public and other interest groups who may be directly or indirectly affected by the project. The authorising agencies may not always identify the environmental issues which the public perceives to be important and they may also lack the detailed local knowledge that the public possesses. Advantages of participation may lead to the provision of information about local environmental, economic and social systems; the possible identification of alternative actions; an increase in the acceptability of the project as the public will better understand the reasons for the project; and a minimisation of conflict and delay. Problems may nevertheless arise. Public participation may, in the short-term, be time-consuming, and increase costs, and participants may be unrepresentative of the community. In spite of these potential problems, many countries are actively encouraging public involvement in EIA.

#### **FINANCIAL ASPECTS OF EIA**

Initially, EIAs may be expensive to implement, particularly in areas where little is known about existing environmental and social conditions. Design changes produced as a result of EIA findings may also increase capital costs, but it can be argued that the avoidance of deleterious impacts and the maximisation of beneficial impacts will outweigh the costs of an EIA system in the long-term. The cost of an EIA system will decline once procedures and techniques have been established and assessment personnel have become accustomed to their tasks. Indeed, it can be further argued that thorough investigation of impacts at an early stage of project planning may save money by speeding up the process of implementing a proposal.

The costs of EIA are commensurate with the complexity and significance of the problem and the level of detail required. In many countries, the cost is borne by the proponent of the development, while in others it is borne by the authorising authority. In those countries with considerable experience in EIA, the costs vary between 0.01 and 1.00 per cent of the project value. It is misleading, however, to regard the "actual costs" of EIAs as being saved if an EIA is not undertaken, for if the information is required it will have to be collected by some means.

The benefits represented by EIA have usually not been determined, because it is difficult to assign monetary values to such benefits. Many of the environmental amenities that would otherwise have been degraded or destroyed have a unique value, which over time will far outweigh EIA costs. Many cases show that the use of EIA has allowed the choice of an option which is both environmentally and economically superior to the original choice - for example the deposition of contaminated dredge sludge from the Rotterdam port area.

#### **EIA MONITORING AND POLLUTION CONTROL**

The EIA process will involve the collection of information relating to the release of pollutants to air and water, including the scale, amount and type of effluents. In addition, it is necessary to have data on emissions characteristics, for example, temperature, exit velocity and concentration. With this type of information and knowledge of prevailing environmental conditions, such as ambient noise levels and habitat types, it is possible to make predictions of likely impacts. Once impacts have been predicted, they can be considered for their relative importance. Some will be thought to be more significant than others. Consequently, the results of an EIA will pinpoint those impacts which are likely to have most adverse or beneficial effects.

In terms of environmental protection only adverse environmental impacts will be important. From knowledge of the most significant impacts, and data obtained on the nature of emissions and existing environmental characteristics, it is possible to use EIA as a means of controlling the emissions of pollutants. Control cannot be implemented directly but information gained from EIAs can be used to guide discussions of design changes aimed at pollution control. EIA can also play an indirect role in pollution control through the identification and establishment of monitoring schemes. Potentially harmful impacts identified by EIA can be monitored. Data obtained from monitoring can help ensure that adverse effects are detected at an early stage so that remedial action can be taken before changes become a serious problem requiring time consuming and, in many cases, expensive mitigating action. The utility of predictive techniques used in an impact assessment can only be improved if results obtained during an assessment are checked with information obtained once the development becomes operational.

## FUTURE TRENDS IN EIA

In its relatively short history there have been many major advances in the science of environmental impact assessment. Currently there are a number of trends which can be discerned, many of which may be relevant to the development of ports and their potential environmental impacts. These can be briefly identified as:

- (1) Utilising EIA methods and procedures in forward planning, and in particular land use planning to assist the identification of sites for development in advance of specific proposals. By so doing control authorities can have a greater say, in locating for example, port facilities as part of an overall development strategy. This may be preferable to the problem of assessing "one off" projects which comprise a port complex, all of which may have to be subjected to EIA.
- (2) Integrating EIA with the concept of Best Practicable Environmental Options (BPEO) to assist better pollution control.
- (3) Extending the scope of EIA to cover:
  - (a) policy
  - (b) transboundary pollution
  - (c) international transfer of pollutants
  - (d) bi and multi lateral aid.
- (4) Development of training in EIA, particularly in developing countries.
- (5) The integration of EIA into corporate management structures.

Perhaps the greatest area of interest relates to the concept of auditing. To many people monitoring and audits are one of the best means for converting EIA from a static to an iterative process, characterised by feedback and adjustment. They provide information which is useful at a number of points following project approval. Ongoing monitoring, for example, provides the basis for fine tuning of mitigation measures and other management interventions to facilitate project implementation. At the post-project stage, monitoring data provides the basis for audits which can identify the record of change and verify the accuracy of predictions and the utility of mitigation. The transfer of knowledge on the nature of impacts and appropriate methods of analysis is designed not only to improve future project design and EIAs but also to assist better management of the existing project. Figure 2 indicates the role of monitoring and audits in EIA.

One other interesting trend has been the establishment of independent review groups to monitor the operation of a project. For example the Sullom voe Tanker Terminal in Shetland, Scotland and the associated port facilities, are closely monitored

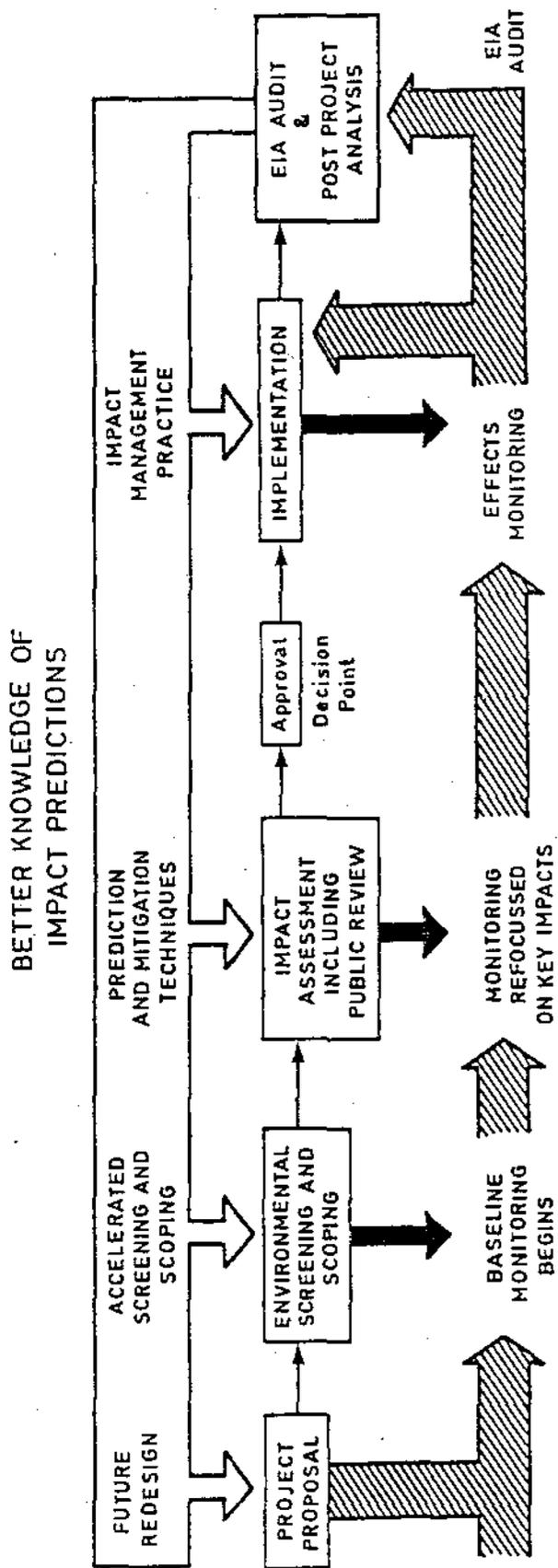


Figure 2 THE ROLE OF MONITORING AND AUDITING IN EIA (based on B. Sadler, 1988)

as to the way that environmental management plans are operated by the terminal users (operators and shippers). This management "audit" is based on a scientific monitoring programme which focusses on those potential adverse environmental impacts identified in the EIA.

## CONCLUSIONS

EIA is a mechanism which aids the efficient use of natural and human resources which has proved valuable to both those promoting port developments and those responsible for their authorisation. EIA may reduce costs and the time taken to reach a decision by ensuring that subjectivity and duplication of effort are minimized. In addition it can identify and attempt to quantify primary and secondary consequences which might necessitate the introduction of expensive pollution control equipment, compensation payments or other costs at a later date.

There are a number of ways in which EIA can improve the efficiency of decision-making, but to be effective EIA should be implemented at an early stage of project planning and design. It must be an integral component in the design of projects, rather than something utilised after the design phase is complete. Preferably, EIAs should be part of an incremental decision-making process which has a number of decision-points in the project planning procedure. This means that there can be a continuous feedback between EIA findings, project design and locations. EIAs can be implemented to test alternative project designs at an early stage and to help choose the project design which emphasises benefits and minimizes harmful effects. EIA therefore can be used not only to investigate and avoid harmful impacts but also to increase likely benefits.

The emergence of an optimum alternative in terms of the objectives or goals relevant to a proposed project means that EIAs may have significant long-term financial advantages. If a potential problem is identified early in project planning it may allow considerable financial savings to be achieved. At the crudest level the abandonment of a project may be required in terms of likely detrimental effects. This type of action is however very rare and normally design modifications can produce an environmentally acceptable project which at the same time will often reduce the need for expensive ameliorating action once a project becomes operational. If a development is not assessed for its likely impacts, it may cause serious social and health problems.

The incorporation of EIA into decision-making may create a number of benefits. If a forecast of the likely impacts of developments is available, allowances can be made and the infrastructure can be provided in a manner whereby impacts are minimised. Where uncertainty exists as to future development, EIA can identify those areas most susceptible to adverse impacts and so guide site selection. To be effective EIA can only be used when the alternative sites are few in number for otherwise the process can be time-consuming and expensive. EIA can, nevertheless, aid the identification of the most suitable site in terms of benefit maximization and reduction of harmful effects.

Should no site be considered suitable, then the results of an EIA can aid the determination of broad environmental, social or health criteria to be used when a large number of sites are screened for their suitability.

For many reasons therefore EIA would appear to have a key role to play in the way that proposed new projects, both in developed and developing countries, should be assessed. EIA does not provide a solution, but if conceived as a tool to assist rational development it has great potential both to those planning, authorising and operating projects. If the concept of sustainable development is to be achieved, as so eloquently promulgated by Gro Brundtland, in the World Commission on Environment and Development Report "Our Common Future", EIA must be a key element in the process. As a tool EIA can attempt to balance the legitimate desire to achieve economic growth whilst at the same time protecting the environment. All the evidence suggests that EIA should be able to make a useful contribution.

## REFERENCE

- AHMAD, Y.J. & G.R. SAMMY (1985) Guidelines to environmental impact assessment in developing countries. London: Hodder & Stoughton.
- ASIAN DEVELOPMENT BANK (1986) Environmental Planning and Management. Asian Development Bank.
- BEANLANDS, G.E. & P.N. DUINKER (1983) An ecological framework for environmental assessment in Canada. Institute for Resource and Environmental Studies, Dalhousie University, Halifax, NS and Federal Environmental Assessment Review Office, Hull, Que.
- CLARK, B.D., R. BISSET & P. WATHERN (1980) Environmental impact assessment. London: Mansell.
- CLARK, B.D., A. GILAD, R. BISSET & P. TOMLINSON (eds) (1984) Perspectives in environmental impact assessment. Dordrecht: Reidel.
- HOLLING, C.S. (1978) Adaptive environmental assessment and management. Chichester: Wiley.
- KINGHAM, L. (1988) The Sullom Voe Terminal Shetland. Monitoring of the Marine Environment. Paper presented at WHO/CEMP 9th International Seminar. Aberdeen. CEMP.
- LEE, N. & C. WOOD (1978) Environmental impact assessment of projects in EEC countries. Journal of Environmental Management, 5, 57-51.
- MUNN, R.E. (1979) Environmental impact analysis. Principles and procedures, 2nd edn, SCOPE Report no. 5. Chichester: Wiley.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (1986a) Environmental assessment and development assistance environment monograph No. 4. Paris; Organisation for Economic Co-operation and Development.
- SADLER, B. (1988) Future Directions for EIA paper presented at WHO/CEMP 9th International Seminar. Aberdeen. CEMP.
- SULLOM VOE ENVIRONMENT ADVISORY GROUP (1976) "Oil Terminal at Sullom Voe, EIA". Thuleprint.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987) "Our Common Future". Oxford University Press.

## EMISSIONI DA INCENERITORI

G. Ziemacki, G. Viviano

Istituto Superiore di Sanità

Roma

## INTRODUZIONE

L'Italia, con una popolazione di oltre 56 milioni di abitanti, produce annualmente circa 14 milioni di tonnellate di rifiuti solidi urbani (RSU). La produzione media giornaliera pro capite si aggira intorno a 0,7 kg. Lo smaltimento di questo prodotto viene effettuato in piccola parte (meno del 20%) mediante impianti a tecnologia complessa, e per il rimanente mediante discarica. Si tenga tuttavia presente che, da una stima approssimata, il 50% delle discariche per RSU risulta del tipo "non controllato".

Un confronto tra le produzioni di rifiuti nei vari Paesi aderenti alla Organizzazione per la Cooperazione Economica e lo Sviluppo (OCSE), espresso in t/anno, viene riportato in Tabella 1.

Tabella 1. QUANTITA' DI RIFIUTI PRODOTTI NEI PAESI OCSE SUDDIVISI PER CATEGORIE. Milioni di t (1980)

Paese	Urbani	Industriali	Altri	Totale
Canada	12,6	61,0	678,0	752,0
U.S.A.	160,6	400,0	5190,0	5750,0
Giappone	41,5	203,0	170,0	415,0
Australia	10,0	20,0	3,0	33,0
N.Zelanda	2,1	0,3	0,6	3,0
Finlandia	1,4	-	37,6	39,0
Norvegia	1,7	2,2	28,1	32,0
Svezia	2,5	4,0	83,5	90,0
Austria	1,7	0,3	0,2	2,0
Francia	15,5	38,2	113,0	165,0
Germania	32,6	45,4	197,0	276,0
Belgio	3,1	8,0	59,9	71,0
Olanda	5,1	4,3	31,6	42,0
Svizzera	2,2	-	2,8	5,0
Portogallo	1,5	11,2	7,3	20,0
Spagna	8,0	-	3,0	11,0
G.Bretagna	15,8	89,7	12,4	118,0
Danimarca	2,1	0,8	2,1	5,0
Grecia	2,5	-	0,5	3,0
Italia	14,0	35,0	86,9	136,0
OCSE	350	1000	7006	8350

Per quanto riguarda le quantità di RSU incenerite negli stessi Paesi, in Tabella 2 si riportano detti valori e le percentuali che essi rappresentano rispetto al prodotto totale.

Tabella 2. QUANTITA' DI RIFIUTI SOLIDI URBANI SMALTITI  
PER INCENERIMENTO (1980)

Paese	Quantità incenerita		% rispetto al totale prodotto
	1000 t	% Recupero di Energia	
Canada	440	nv	3,5
Giappone	25090	--	60,4
Australia	200	nv	2,0
Svezia	910	86	36,4
Austria	316	95	20,3
Francia	6400	62	41,3
Germania	6253	--	23,2
Belgio	720	30	23,4
Olanda	2264	72	44,5
Svizzera	1716	72	80,0
Spagna	512	59	6,4
G.Bretagna	2780	--	17,6
Danimarca	655	--	32,0
Italia	2794	21	19,9

nv = non valutabile

Per l'Italia si può calcolare che circa il 20% dell'intera quantità dei RSU prodotti venga avviata all'incenerimento. Tale quota appare, in generale, inferiore a quella degli altri Paesi, ed evidenzia come l'Italia utilizzi in maniera minore questa tecnologia. Considerando le frazioni che contribuiscono ad innalzare il potere calorifico di un rifiuto (carta + plastiche), e quindi a determinare una buona resa di combustione, è interessante esaminare in Tabella 3 la composizione media dei RSU nei vari Paesi.

Tabella 3. COMPOSIZIONE DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI NEI PAESI OCSE  
(% in peso)

Paese	Carta/cartone	Plastiche	Vetri	Metalli	Altri
Canada	36,5	4,7	6,6	6,6	45,7
U.S.A.	29,7	5,3	10,3	9,6	45,1
Giappone	28,6	11,6	6,7	4,5	48,6
Australia	--	2,5	6,5	5,0	54,0
N.Zelanda	33,6	3,0	2,5	7,6	53,3
Finlandia	55,0	8,0	3,0	4,0	30,0
Svezia	43,0	10,0	5,0	6,0	36,2
Austria	30,7	6,1	10,2	8,2	44,8
Francia	28,0	6,0	11,0	5,0	50,0
Germania	19,9	6,1	11,6	3,9	59,5
Belgio	35,0	5,8	8,2	5,1	45,9
Olanda	20,7	6,4	13,6	3,0	56,3
Svizzera	30,0	6,0	6,0	6,0	52,0
Portogallo	25,0	4,0	4,0	5,0	62,0
Spagna	18,0	6,0	6,0	4,0	66,0
Irlanda	35,0	11,0	8,0	3,0	43,0
G.Bretagna	29,0	7,0	10,0	8,0	44,0
Danimarca	34,0	7,0	6,0	5,0	47,0
Grecia	23,7	9,1	0,3	5,6	61,3

La situazione italiana risultante da tali dati evidenzia una minore presenza di carte e plastiche, materiali che maggiormente contribuiscono ad innalzare il potere calorifico. E' tuttavia necessario rilevare come risulti difficile una precisa tipizzazione del rifiuto solido urbano, essendo quest'ultimo un prodotto eterogeneo che può subire variazioni quali/quantitative stagionali ed in base alla situazione geografica e socioeconomica di provenienza. La tecnologia di termodistruzione dei rifiuti solidi urbani viene largamente utilizzata e trova notevole sviluppo per la possibilità che fornisce di trasformare la materia prima (il rifiuto, instabile e putrescibile) in un prodotto finito (le scorie) con peso specifico sensibilmente ridotto. Detta operazione può quindi essere definita, secondo il Glossary on Solid Waste della Organizzazione Mondiale della Sanità, come: "Processo di riduzione del rifiuto combustibile in residuo inerte mediante combustione ad alta temperatura". I comparti essenziali di questo ciclo tecnologico sono: la fossa di raccolta della materia prima (RSU), la sezione di incenerimento, il sistema di controllo delle emissioni (incombusti, materiale particellare, gas e vapori), il camino. La Figura 1 schematizza quanto detto ed evidenzia i possibili punti di immissione nell'ambiente dei prodotti finali e dei sottoprodotti.

#### CENNI SUI CICLI TECNOLOGICI DI TERMODISTRUZIONE

Come già accennato la termodistruzione dei rifiuti ha trovato una sua motivazione nella necessità di ridurre grossi volumi di rifiuti e produrre scorie stabilizzate più facilmente gestibili. Recentemente fattori legati alla crisi energetica hanno incentivato la ricerca su combustibili non convenzionali e sulla possibilità di recuperi di energia e/o materia anche da questi cicli tecnologici. Una classificazione dei cicli tecnologici in base alla tipologia delle emissioni e delle possibilità di recuperi viene di seguito riportata:

- a) cicli tecnologici che operano una combustione del rifiuto tal quale al fine di ridurre il peso specifico;
- b) cicli tecnologici che, a differenza dei precedenti, sono dotati di un sistema per il recupero del calore. Possono definirsi sistemi di produzione di energia dai rifiuti. Rispetto ai precedenti è prevista una sezione di recupero mediante caldaia per la produzione di vapore e/o energia elettrica.
- c) cicli tecnologici che operano un miglioramento del potere calorifico dei rifiuti mediante una preselezione degli stessi. In questi casi si possono avere poteri calorifici inferiori da 2500 a 3500 kcal/kg.

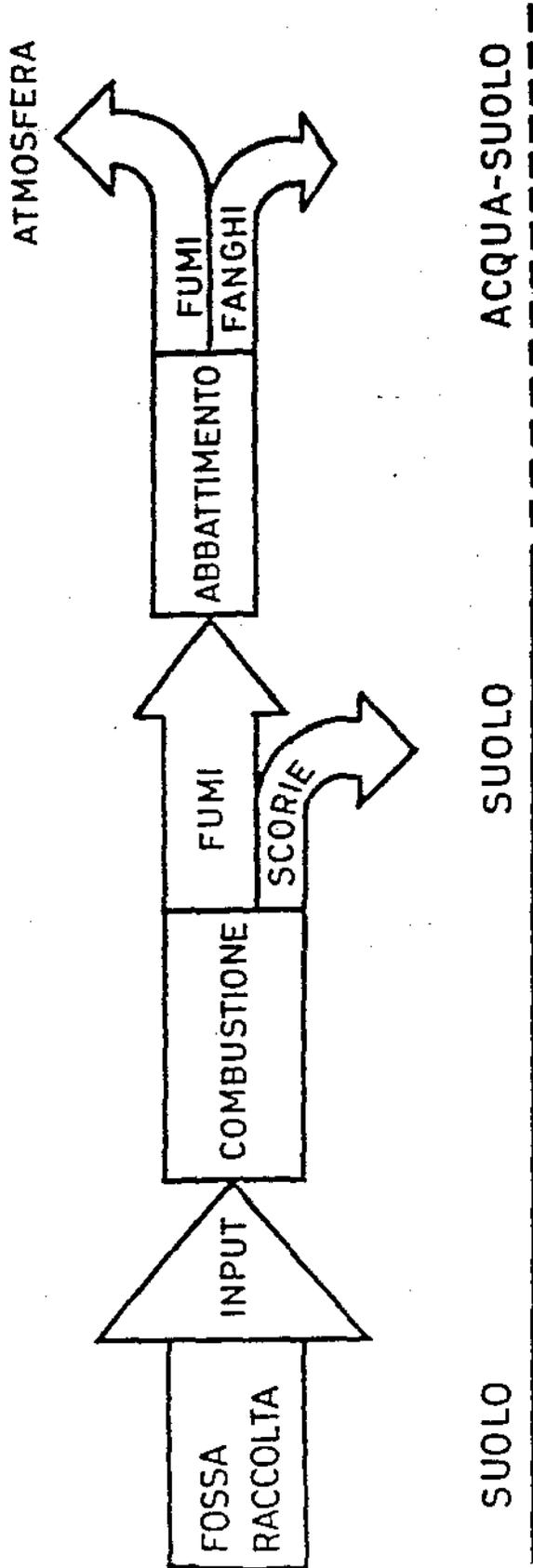


Figura 1 Schema dei comparti essenziali del ciclo tecnologico di combustione di rifiuti solidi urbani e dei possibili punti di immissione nell'ambiente dei prodotti finali e dei sottoprodotti

## TIPOLOGIA DELLE EMISSIONI

L'incenerimento di rifiuti comporta l'emissione di una varietà di prodotti di combustione che comprendono sia gli inquinanti convenzionali della combustione che microinquinanti. Detti inquinanti possono essere emessi sia come aerosol che come gas e vapori; una parte di questi viene emessa dal processo di combustione come vapore o come adsorbito e depositato submicronico (ricondensato) su altre particelle più grosse.

La frazione combustibile negli RSU consiste essenzialmente in residui alimentari, rifiuti di provenienza vegetale, manufatti in carta, plastica, gomma e simili, tessili naturali e artificiali, legno. Il materiale non combustibile include metalli, vetro, ceramica, cenere, sassi, ecc. L'emissione è in stretta relazione con l'input; in generale le emissioni da impianti prima definiti come "a" e "b" possono ritenersi simili; per gli impianti di tipo "c" si può considerare che l'input sia del tutto combustibile. Le plastiche insieme alla carta sono le frazioni che più contribuiscono ad innalzare il potere calorifico di un rifiuto e quindi a determinare una buona resa in termini di combustione. Dall'esame della composizione media degli RSU in vari Paesi e confronto con la situazione italiana (v. Tabelle 3 e 4) appare, per il nostro Paese, una minore presenza di sostanze che possono innalzare il potere calorifico.

Tabella 4. DATI RELATIVI ALLA PRODUZIONE DI RSU E LORO COMPOSIZIONE SUL TERRITORIO NAZIONALE

Produzione	15,3 Mt/anno
Produzione media pro capite	0,74 kg/d
Quantità smaltita per termodistruzione	20 % (circa)
<u>Composizione media:</u>	
Plastica	8 %
Carta e cartoni	22 %
Vetro	7 %
Metalli	3 %
Altro	60 %
Potere calorifico inferiore (medio)	900 kcal/kg

La Tabella 5 riporta una ripartizione tipo sulla presenza dei vari precursori possibili di inquinanti negli RSU. Si può notare come la voce relativa alle plastiche, materiali plastici, tessuti e caucciù abbia un notevole peso per la presenza nell'input di cloro e cadmio. Va però sottolineato come l'eliminazione di questi composti diminuisca il potere calorifico determinando un peggioramento nella qualità del "combustibile" RSU. Relativamente ai così detti macroinquinanti, la Tabella 6 riporta i "Fattori di Emissione" per le tre categorie di impianti prima descritti. Nel nostro caso con il termine di Fattori di Emissione si intende la quantità di inquinante prodotto (kg) per quantità di rifiuto incenerito (t). Questo dato è relativo al valore a monte dell'eventuale sistema di contenimento delle emissioni. L'emissione in atmosfera dipenderà quindi essenzialmente dal sistema di abbattimento adottato.

Tabella 5. RIPARTIZIONE PERCENTUALE IN PESO DELLE SOSTANZE INQUINANTI NELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI RIFIUTO

Inquinanti	Ripartizioni %			
	1	2	3	4
Cloro	15,9	69,8	4,5	9,8
Fluoro	49,6	13,4	29,9	7,1
Zolfo	23,6	25,6	19,0	31,8
Cadmio	8,3	50,0	8,3	33,3
Mercurio	4,5	14,9	6,0	74,6
Piombo	5,9	22,5	16,0	54,7

1 - carta e cartoni (18,7%); 2 - plastica, gomma e tessuti (11,1%); 3 - sottovaglio 8 mm, essenzialmente organico (8,6%); 4- materiali vegetali (42,4%); inerti: metalli e vetri (complemento a 100%).

Tabella 6. FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI ALLE DIVERSE CATEGORIE DI IMPIANTI CALCOLATI A MONTE DEL SISTEMA DI CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI

Categoria	Polveri kg/t	SO <sub>2</sub> kg/t	NO <sub>x</sub> kg/t	HC kg/t
media A	17	0,38	0,36	0,14
range	11-27	0,02-0,59	0,28-0,44	0,02-0,31
media B	4	1,0	0,82	0,06
range	7-23	0,90-1,20	0,80-0,82	0,05-0,07
media C	67	20,17	1,47	2,61
range	43-85	5,88-44,6	0,83-2,57	1,70-5,15

La Tabella 7 riassume i principali tipi di sistemi di controllo delle emissioni con le relative efficienze. Le emissioni che si possono avere in atmosfera, relativamente ai più significativi inquinanti, sono riportate in Tabella 8. In particolare, per quanto riguarda i metalli, va considerato che anch'essi, come gli inquinanti organici, possono essere presenti nelle emissioni in fase vapore. La possibilità che un composto venga emesso sottoforma di vapore o adsorbito sulla superficie del particolato a piccola granulometria, dipende dalle sue proprietà fisiche. Le particelle più fini, inferiori ai 2 µm, hanno una elevata area superficiale specifica, ed inducono una alta condensazione o adsorbimento dei metalli vaporizzati o presenti come composti volatili.

L'emanazione del DPR 915/82 ha imposto agli impianti di incenerimento l'adozione di una camera di post-combustione con lo scopo preciso di incenerire e quindi distruggere i microinquinanti organici (PCDD, PCDF, IPA) presenti nei fumi e prodotti nella camera di combustione primaria.

Tabella 7. EFFICIENZA DI ABBATTIMENTO DEI SISTEMI PER IL CONTROLLO DEL PARTICOLATO NEGLI INCENERITORI DI RIFIUTI SOLIDI URBANI

Tipo	Efficienza %
Camera di calma	0 - 30
Camera di calma e spray con acqua	30 - 70
Scrubber	80 - 95
Precipitatore elettrostatico	90 - <99
Filtro a maniche	97 - <99

Tabella 8. EMISSIONI DI INQUINANTI PER QUANTITA' DI RSU SMALTITO (FATTORI DI EMISSIONE) CALCOLATI SU IMPIANTI IN ITALIA

Inquinante	Impianti a tecnologia moderna	Impianti a tecnologia avanzata
Polveri kg/t	6,0	0,2
A. Cloridrico kg/t	1,2	0,3
Piombo g/t	54,0	18,0
Cadmio g/t	3,3	0,6
Mercurio g/t	7,5	0,6
PCDD mg/t	5,0	0,08
TCDD mg/t	0,07	0,005
IPA g/t	1,2	0,05

Ad una distruzione pressoché completa della frazione organica dei fumi (v. Tabella 9) fa riscontro una produzione supplementare degli inquinanti tipici della combustione (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO) dovuta al tipo di combustibile utilizzato dal post-combustore (olio combustibile, gasolio, metano, ecc.). Inoltre l'alta temperatura di post-combustione volatilizza ancor più i metalli che, una volta nell'atmosfera, tendono a ricondensare in particelle submicroniche che rimangono più a lungo in sospensione aerea; anche l'acido cloridrico formatosi non subisce trasformazioni nella camera di post-combustione.

Tabella 9. RANGE DI CONCENTRAZIONE DI PCDD E PCDF NELLE EMISSIONI DI INCENERITORI DI RSU IN ITALIA (ng/Nm<sup>3</sup>)

Diossine	Impianti a tecnologia vecchia	Impianti a tecnologia moderna	Impianti a tecnologia avanzata
4 CDD	10 - 190	0,2 - 20	nv - 1,5
5 CDD	25 - 280	11 - 35	nv - 1,5
6 CDD	100 - 38500	120 - 480	nv - 9,0
7 CDD	55 - 1400	5 - 720	nv - 8,5
8 CDD	400 - 8500	70 - 720	nv - 1,0
4 CDF	-	30 - 350	-
8 CDF	-	30 - 90	-

\* impianti equipaggiati con post-combustore, filtro elettrostatico e/o scrubber a umido; nv = non valutabile, < 0,01 ng/Nm<sup>3</sup>.

I dati sperimentali indicano come l'arricchimento delle particelle più fini aumenti con l'aumentare del loro numero nell'aeriforme. Anche la temperatura dei fumi, come già detto, è determinante nell'arricchimento del particolato in metalli. Infatti si è verificato come ceneri campionate in zone "fredde" presentano una concentrazione in metalli significativamente più alta di altre raccolte in zone dove i fumi erano ancora caldi. A tale proposito si riportano, a titolo di esempio, in Tabella 10, alcuni dati sperimentali riscontrati in quattro diversi inceneritori di RSU, sulla ripartizione di metalli (Pb e Cd) tra la "fase particellare" e la "fase aeriforme". Una stima delle emissioni di macroinquinanti viene riportata in Tabella 11, in relazione alla tipologia dei diversi sistemi di contenimento delle emissioni. Lo studio al microscopio elettronico della morfologia di tali particelle evidenzia la presenza di incombusti e ricondensati in forma sferica provenienti dalla pirolisi delle materia plastiche.

Tabella 10. RIPARTIZIONE TRA MATERIALE PARTICELLARE E VAPORE DEL PIOMBO E DEL CADMIO NELLE EMISSIONI DI INCENERITORI DI RIFIUTI SOLIDI URBANI

Impianto	Temperatura al punto di prelievo (°C)	Quantità di metallo nel condensato rispetto al totale emesso (% in peso)	
		Pb	Cd
A	180	0,14	49
B	280	0,33	9,3
C	290	1,2	5,4
D	480	4,8	35

Nota: la determinazione dei metalli è stata effettuata sulla fase vapore dell'emissione condensata durante il prelievo. Temperatura del condensatore 0°C (+/5°C).

Tabella 11. INCENERIMENTO DEGLI RSU IN ITALIA. STIMA DELLE EMISSIONI GIORNALIERE DI INQUINANTE IN RELAZIONE ALLA TIPOLOGIA DEI DIVERSI SISTEMI DI CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI

	Camera di calma ciclone e/o lavaggio	Elettrofiltri	Elettrofiltri con abbattitore a secco e/o a umido
% Impianti	62	23	15
% Rifiuto trattato	36	43	21
Polveri t/d	14,7		1,13
Piombo t/d	0,133		0,081
Acido cloridrico t/d	6,58		1,49
Biossido di zolfo * t/d	2,08		0,62
Ossidi di azoto * t/d	1,97		3,68

\* immissione anche dagli impianti di post-combustione

**BIBLIOGRAFIA**

1. O.E.C.D. 1984. Pilot Compendium of Environmental Data. Parigi.
2. GIANNICO L., SELLER L. 1982. Indagine sugli impianti di incenerimento dei rifiuti solidi urbani in Italia. Atti Convegno Città ed Ambiente. SEP Pollution. Padova.
3. LIBERTI A., BROCCO D., CECINATO A., POSSANZINI M. 1981. Determination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the emission from urban incinerator. Mikrochimica Acta. 1, 271-280. Vienna.
4. CAVALLARO A., LUCIANI L., CERONI G., ROCCHI I., INVERNIZZI G., GORNI A. 1982. Summary of results of PCDDs analyses from incinerator effluents. Chemosphere. 11, 859-868.
5. VIVIANO G., ZIEMACKI G., D'INNOCENZIO F. 1983. Inquinanti metallici nelle emissioni di inceneritori di rifiuti solidi urbani. Annali Istituto Superiore di Sanità. 17, 453-458.
6. VIVIANO G., ZIEMACKI G. 1987. Effetti della presenza di plastiche, in particolare clorurate, nelle emissioni di processi di incenerimento. Rassegna dell'imballaggio. 34-36.
7. VIVIANO G., ZIEMACKI G. 1987. L'incenerimento dei rifiuti solidi urbani in Italia. Valutazione delle emissioni. Inquinamento. 4, 59-63.

## LA VALUTAZIONE RAPIDA DEL CARICO INQUINANTE

A. Piccioni, G. Viviano

Istituto Superiore di Sanità

Roma

### INTRODUZIONE

Uno dei principi della Valutazione dell'Impatto Ambientale (VIA) è la conoscenza della situazione "attuale" dell'ambiente. E' indispensabile, cioè, conoscere tutto quello che, in una determinata area, può comportare vantaggi e svantaggi, rischi e benefici alla qualità della vita, alla salute umana, alla pianificazione futura, all'ambiente come tale ed all'ambiente sociale.

L'informazione, quindi, è uno strumento prioritario per la valutazione e la gestione dell'ambiente; tuttavia spesso tale informazione è carente o è in forma non appropriata e talvolta è disponibile in tempi tecnici estremamente lunghi.

Per ovviare a questi inconvenienti è stata elaborata una procedura denominata "Valutazione Rapida" (Rapid Assessment) del carico inquinante (WHO, 1982).

Tale procedura consiste essenzialmente in una metodologia per la identificazione, la raccolta e la valutazione di dati sulle sorgenti di inquinamento ambientale.

### STRUTTURA DI UNA "VALUTAZIONE RAPIDA"

La Valutazione Rapida (VR) è basata sulla informazione facilmente disponibile delle sorgenti di inquinamento in un'area ben definita (limiti geografici, economici, politici, ecc.) e richiede la conoscenza di indicatori di consumo e di produzione per processi urbani ed industriali. Questi indicatori, associati ai fattori specifici di emissione, consentono una stima ragionevolmente attendibile del carico inquinante dovuto alle varie emissioni dell'area.

La VR è in grado di produrre una prima approssimativa stima del carico inquinante in maniera relativamente facile e veloce con risorse limitate ed inoltre può produrre una stima integrata dell'inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo.

L'obiettivo finale di una VR sarà la caratterizzazione dell'inquinamento e l'identificazione degli interventi più urgenti sul territorio e la pianificazione degli interventi futuri.

La Figura 1 riporta un diagramma in cui sono evidenziate le varie fasi di una VR.

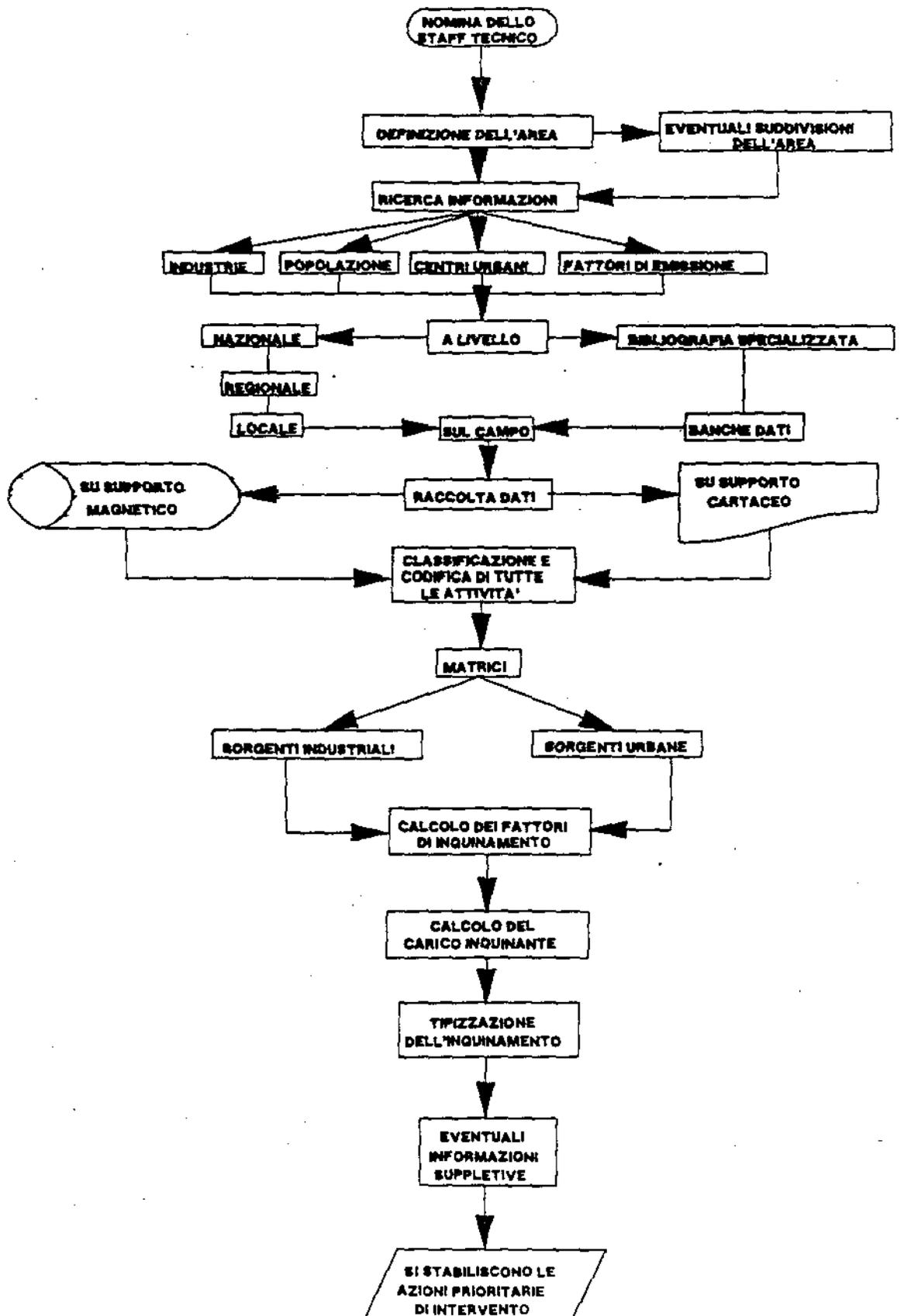


Figura 1 Diagramma di flusso che individua le varie fasi di una "Valutazione Rapida"

La procedura è basata sulla acquisizione ed elaborazione di informazioni come: tipi di industrie, quantità consumate di carburanti, numero di autoveicoli, fattori di emissione, quantità e qualità dei materiali grezzi e dei prodotti finiti, impianti di depurazione, statistiche sulla popolazione, ecc., che in genere sono già disponibili.

Con tali parametri ed utilizzando opportuni fattori di conversione è possibile identificare e stimare, ad esempio le tonnellate anno di inquinante rilasciate, le t/anno di prodotti tossici avviati a discarica, le t/anno di sottoprodotti delle varie lavorazioni industriali, ecc.

Ognuna delle informazioni che viene raccolta ha un valore estremamente limitato se considerata singolarmente, ma dal confronto con le altre, per una valutazione complessiva, si può riuscire ad ottenere un panorama accurato dell'area in studio.

### **RELAZIONI TRA VIA E VR**

La differenza di base fra una VR ed una VIA è che la prima può essere uno studio indipendente che si concentra esclusivamente sulle sorgenti di inquinamento ambientale entro un'area ben definita, mentre la seconda può considerarsi uno studio globale di tutti gli impatti sull'ambiente relativi ad uno specifico progetto.

La VR è parte di una VIA, è in grado di caratterizzare una situazione esistente e può essere la base di previsione di eventuali e significative modificazioni ambientali.

Una VIA raccoglie i dati di una VR e li integra con altri come quelli ecologici, sanitari, economici e sociali, determinando così l'impatto ambientale globale.

### **ATTIVITA' CHE GENERANO INQUINAMENTO**

Generalmente le attività a cui sono imputati i carichi inquinanti maggiori sono alcune categorie di grandi industrie, ma non vanno sottovalutati nè gli agglomerati urbani, nè le attività lavorative minori in grado di produrre residui di lavorazione anche molto tossici ma in quantità limitata e molto parcellizzata sul territorio (attività artigianali, laboratori fotografici, laboratori ospedalieri e di ricerca, officine meccaniche, carrozzerie, ecc.).

La Tabella 1 riporta una lista di attività industriali raccolte per gruppi e sottogruppi che può rappresentare una guida alla compilazione dell'elenco delle industrie per una migliore ricerca ed acquisizione dei dati. Un altro elenco che deve essere tenuto presente in tale compilazione è l'elenco delle industrie insalubri (G.U. n.337, 9/12/81).

Tabella 1. LISTA DI ALCUNE ATTIVITA' INDUSTRIALI RACCOLTE PER GRUPPI E SOTTOGRUPPI DA UTILIZZARE NELLA FASE DI ACQUISIZIONE DEI DATI

<b>PRODUZIONI AGRICOLE ED ANIMALI</b>	<b>PVC</b>
Allevamenti di animali	Vernici
Produzioni di cibi per animali	Medicinali
Produzioni ceralicole	Prodotti biologici
Produzione di latte	Saponi
<b>TRASFORMAZIONI ALIMENTARI</b>	Detergenti
Trasformazione carni e pesce	Colle
Industrie casearie	Petrolio
Trasformazioni ortofrutticole	Petrochimico
Zuccherifici	Lubrificanti
Pastifici	<b>TRASFORMAZIONE DEL PETROLIO E DEL CARBONE</b>
Industria delle fermentazioni	Materiali a base di asfalti
Oleifici	Rivestimenti
Conservifici	Coperture
<b>PRODUZIONE DI BEVANDE</b>	<b>PRODOTTI DELLA GOMMA</b>
Distillerie	Camere d'aria e gomme
Produzione di birra	Altri prodotti
Produzione di vino	<b>PRODUZIONE DI PRODOTTI MINERALI NON METALLICI</b>
Acque minerali	Ceramica
Bibite	Porcellane
<b>INDUSTRIA TESSILE</b>	Terracotte
Lana	Vetro
Cotone	Mattoni
Rayon	Cemento
Acetati	<b>INDUSTRIA METALLURGICA DI BASE</b>
Nylon	Siderurgica
Acrilico	Prime trasformazioni di ferro e acciaio
Poliesteri	Metallurgia
<b>LAVORAZIONE DI PELLI E PELLAMI</b>	<b>PRODUZIONE E TRASFORMAZIONE MATERIALI NON FERROSI</b>
<b>LAVORAZIONI DI SUGHERO E LEGNAMI</b>	Alluminio
<b>PRODUZIONE DI CARTA</b>	Bauxite
Metodo Kraft	Bronzo
Solfito	Piombo
Semi-chimica	Zinco
Cartiere	Mercurio
Cartiere a recupero di acqua	Antimonio
<b>SOSTANZE CHIMICHE</b>	<b>FABBRICAZIONE DI PRODOTTI METALLICI, MACCHINE E MATERIALI</b>
Sostanze inorganiche	Cantieri navali
(HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , ecc.)	Automobili
Sostanze organiche	Macchine per l'industria
(cicloesano, anilina, fenoli, ecc.)	Galvanizzazione (rame, nichel, cromo, zinco)
Fertilizzanti	<b>PRODUZIONE DI ENERGIA</b>
Pesticidi	Gas
Resine sintetiche	Carbone
Plastiche	Olio combustibile
Fibre	Nucleare
Rayon	
Gomma	

## FATTORI DI EMISSIONE

Il fattore di emissione fornisce una indicazione immediata sulla quantità di inquinante che si forma per unità di prodotto finito o per unità di materia prima lavorata.

Ad esempio nel caso di una produzione industriale può essere dato dai kg di inquinante per tonnellata di prodotto oppure kg di solvente per superficie verniciata, ecc.; nel caso di un impianto termico può essere indicato come kg di inquinante per kcal oppure per kW prodotto, ecc.

Tale fattore troverà la sua espressione più idonea caso per caso a seconda del tipo di attività urbana o industriale considerata.

### Fattori di emissione in atmosfera

Attualmente si dispone di diverse pubblicazioni contenenti fattori di emissione applicabili ai vari tipi di emissioni predisposte dall'Environmental Protection Agency (EPA), e dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), ecc. In alcuni casi, tuttavia, non essendo possibile disporre di fattori appropriati si può ricorrere ad estrapolazioni per confronto oppure alla definizione sperimentale mediante rilevamenti ad hoc.

La Figura 2 schematizza il caso particolare relativo ad un impianto di incenerimento di rifiuti.

E' opportuno, tuttavia, che tutti i coefficienti utilizzati siano attentamente vagliati alla luce delle reali situazioni locali. Ad esempio per un inceneritore il fattore di emissione varierà anche in relazione al tipo di rifiuto prodotto localmente. Notizie complementari, quali altezze dei camini, regimi meteo prevalenti, topografia locale, dovranno essere reperite, poichè saranno di estremo interesse per una valutazione sommaria dell'impatto delle emissioni.

### Fattori di emissione in acqua

A tutt'oggi non è stato possibile reperire, per la situazione italiana, una pubblicazione omogenea in grado di dare i fattori di inquinamento normalizzati di ciascuna industria. Molte pubblicazioni infatti, riportano la composizione degli scarichi di una o gruppi di industrie dello stesso tipo, ma solo alcune riportano i volumi totali degli scarichi o le concentrazioni di ogni inquinante rapportato all'unità di prodotto o all'unità di materiale grezzo consumato.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità, comunque, riporta in una sua pubblicazione del 1982 un discreto numero di tali fattori, relativi ad emissioni medie per industrie statunitensi.

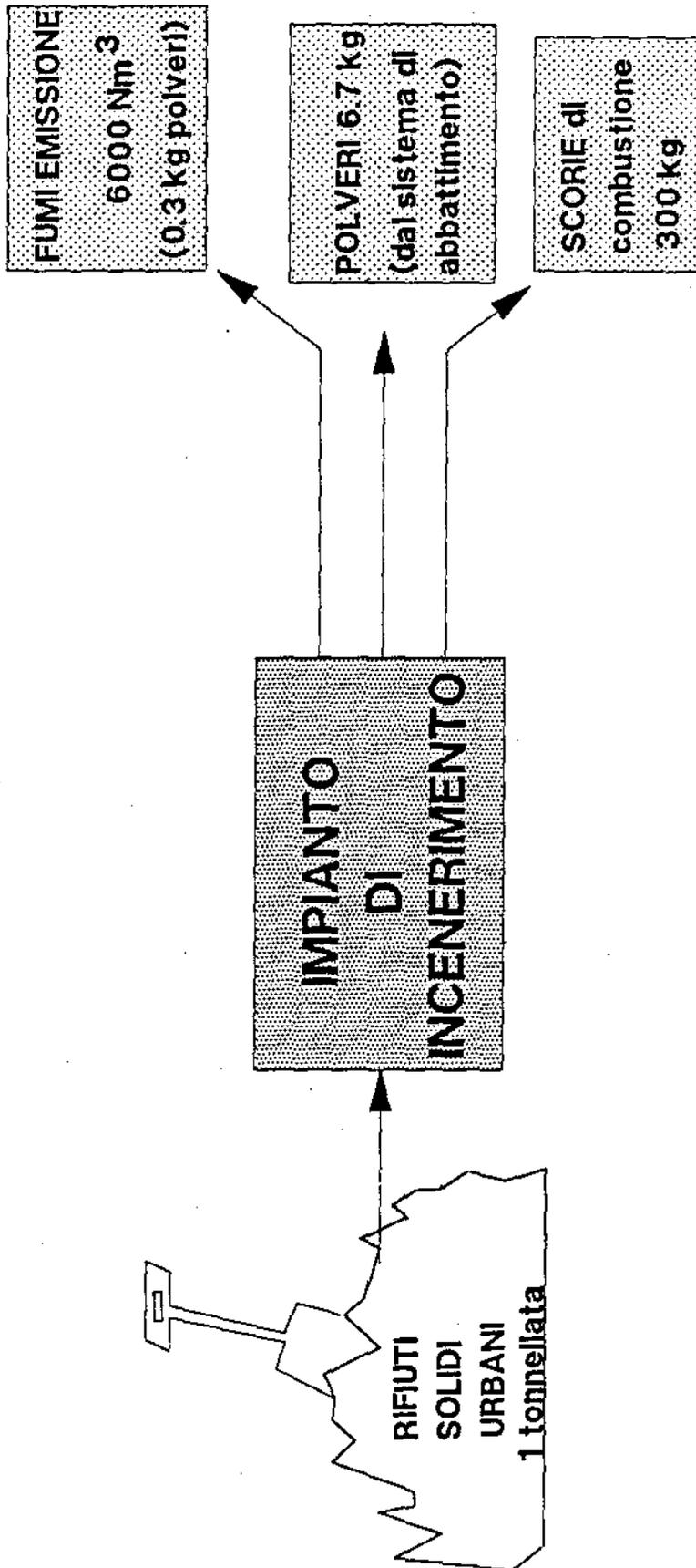


Figura 2 Fattori di emissione di un impianto di incenerimento

Nella Tabella 2 ne vengono riportati alcuni esempi; tra questi ne viene riportato uno relativo ad uno scarico urbano. E' da notare in quest'ultimo caso che il volume del fattore di inquinamento è pari al consumo medio annuale di acqua pro capite moltiplicato per 0.6, assumendo quindi che il 60% dell'acqua utilizzata venga restituita attraverso gli scarichi.

La stima del fattore di emissione inquinante dovuto alle attività agricole presenta delle difficoltà maggiori rispetto a quelle dovute a industrie e scarichi urbani.

Mentre si può stimare abbastanza agevolmente il fattore di emissione degli allevamenti di animali (calcolabile per mezzo di parametri come BOD, COD, NH<sub>4</sub>, Cloruri, Fosfati, ecc., prodotti per capo allevato oppure conoscendo il volume di acqua utilizzato per capo di bestiame, ecc.), non così agevole si presenta la stima del fattore inquinante dovuto alle attività colturali.

In questo caso, infatti, la stima è strettamente collegata a parametri quali la struttura del terreno e la sua posizione (collina, pianura, ecc.), alla piovosità, al clima, alla qualità ed alla quantità di prodotti chimici utilizzati, ecc. La stima del fattore inquinante per l'agricoltura presuppone la conoscenza dei tipi di prodotti utilizzati per le specifiche colture (anticrittogamici, pesticidi, erbicidi, ecc.), la quantità consumata per anno e l'estensione dei vari tipi di colture. Altri parametri necessari, reperibili eventualmente in bibliografia sono la quantità di acqua utilizzata per ogni tipo di coltura considerata, la permeabilità dei diversi tipi di terreno, i coefficienti di solubilità in acqua dei prodotti utilizzati.

Una stima bruta della contaminazione delle acque superficiali dovuta alle attività agricole, in questo caso, si può basare sulla valutazione della frazione di acqua che, in relazione alla permeabilità del terreno, dilava lo strato superficiale e ritorna ai corpi idrici recettori.

Questo tipo di stima presuppone una serie di semplificazioni che aiutano ad ottenere degli ordini di grandezza sufficientemente attendibili delle concentrazioni di fitofarmaci nelle acque superficiali.

- 1 - Per il trasferimento superficiale di acque, si ammette che oltre alla permeabilità non intervengano altri fattori legati al terreno (carbonio organico per es.).
- 2 - L'acqua viene considerato il solo vettore.
- 3 - La concentrazione della sostanza in esame che ci si potrà attendere in un corpo idrico superficiale potrà essere calcolata sulla base della sua solubilità in acqua.

- 4 - Per il calcolo dell'acqua di ritorno ai corpi idrici superficiali possono essere utilizzate le seguenti percentuali basate sulla permeabilità del terreno: 10% per terreni molto permeabili; 20% per terreni mediamente permeabili; 30% per terreni scarsamente permeabili.

La lenta contaminazione del terreno e delle falde acquifere è stimabile in modo più preciso attraverso modelli di comportamento ambientale delle sostanze chimiche, che tengano conto delle interazioni fra le caratteristiche chimico-fisiche della sostanza e le caratteristiche del suolo.

#### Rifiuti solidi nei processi industriali

Si possono considerare tre categorie principali di rifiuti solidi provenienti da cicli industriali:

- quelli del processo industriale vero e proprio;
- quelli del trattamento degli effluenti liquidi;
- quelli del trattamento degli aeriformi.

Le industrie che trattano i propri effluenti producendo un rifiuto solido sotto forma di fanghi, spesso tossici, possono concentrare notevolmente alcuni inquinanti. In questo caso lo smaltimento di tali fanghi richiede delle precauzioni per la loro gestione, quali lo smaltimento in discariche controllate ed autorizzate alla loro raccolta.

Anche il trattamento delle emissioni aeriformi può produrre rifiuti sotto forma di fanghi oppure di polveri.

In generale i sistemi di abbattimento sono di due tipi: quelli a secco (elettrofiltri, filtri a maniche, cicloni a secco, ecc.); e quelli che necessitano di acqua per il loro funzionamento e che producono effluenti da trattare con conseguente formazione di fanghi (scrubbers, torri di lavaggio, ecc.).

Talvolta, infine, si hanno dei sistemi di abbattimento misti, per cui si otterranno sia dei fanghi che polveri secche.

Il tipo di riutilizzo di rifiuti solidi industriali deve essere ben identificato e quantizzato poiché se da un lato il riutilizzo o il recupero elimina il problema dello smaltimento, dall'altro può produrre una ricircolazione nell'ambiente di sostanze inquinanti. Questa attenzione consentirà un più obiettivo e reale bilancio del carico inquinante.

La Tabella 3 riporta, come esempio, i fattori di emissione relativi alla movimentazione, stoccaggio ed approvvigionamento del carbone.

Tabella 2. FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI AD ALCUNE ATTIVITA' INDUSTRIALI E AD UNO SCARICO CIVILE

PRODUZIONE DI PESCE IN SCATOLA		
Volume dello scarico	23.0	m <sup>3</sup> /t di prodotto
BOD <sub>5</sub>	7.9	kg/t di prodotto
COD	16.0	kg/t di prodotto
SS	9.2	kg/t di prodotto
Oli e grassi	4.5	kg/t di prodotto
Azoto organico	0.82	kg/t di prodotto
Azoto ammoniacale	0.022	kg/t di prodotto

RAFFINAZIONE DI OLIO VEGETALE O ANIMALE		
Volume dello scarico	57.5	m <sup>3</sup> /t di olio raffinato
BOD <sub>5</sub>	12.9	kg/t di olio raffinato
COD	21.0	kg/t di olio raffinato
SS	16.4	kg/t di olio raffinato
Oli e grassi	6.5	kg/t di olio raffinato
TDS	882.0	kg/t di olio raffinato

PRODUZIONE DI TESSUTI SINTETICI					
	RAYON	ACETATO	NYLON	ACRILICO	POLIESTERI
Volume dello scarico m <sup>3</sup> /t	42	75	125	210	100
BOD <sub>5</sub> kg/t	30	45	45	125	185
COD kg/t	52	78	78	216	320
SS kg/t	55	40	30	87	95
TDS kg/t	100	100	100	100	150
pH	6.5-12.5				

PRODUZIONE DI AMMONIACA	
Volume dello scarico m <sup>3</sup> /t di prodotto	21
BOD <sub>5</sub> kg/t di prodotto	0.2
COD kg/t di prodotto	0.26
Oli kg/t di prodotto	0.2-20
Ammoniaca kg/t di prodotto	0.12

DDT	
Volume dello scarico m <sup>3</sup> /t di prodotto	5.3
Acido Solforico kg/t di prodotto	1166
Clorobenzene kg/t di prodotto	38
Etil Solfato kg/t di prodotto	38

EFFLUENTI DOMESTICI	
Volume dello scarico m <sup>3</sup> /persona/anno	73
BOD <sub>5</sub> kg/persona/anno	19.7
COD kg/persona/anno	44
SS kg/persona/anno	30
TDS kg/persona/anno	36.5
Azoto kg/persona/anno	3.3
Fosforo kg/persona/anno	0.4

Tabella 3. FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI ALLA MOVIMENTAZIONE, STOCCAGGIO E APPROVVIGIONAMENTO DEL CARBONE

FONTE DI EMISSIONE	FATTORE DI EMISSIONE
<b>APPROVVIGIONAMENTO CARBONE</b>	
Scarico vagoni ferroviari	0.180 kg/t scaricata
Scarico chiatte	0.021 kg/t scaricata
Scarico autoveicoli	0.180 kg/t scaricata
Nastri trasportatori	0.018 - 0.450 kg/t scaricata
<b>STOCCAGGIO CARBONE</b>	
Carico cumuli	0.036 kg/t caricata
Traffico veicolare	0.073 kg/t stoccata
Scarico cumuli	0.045 kg/t scaricata
Erosione eolica	0.041 kg/t stoccata
<b>TRASPORTO E TRASFERIMENTO CARBONE</b>	0.018 - 0.450 kg/t movimentata
<b>TRASPORTO E SMALTIMENTO CENERI VOLANTI</b>	9.1 - 45.4 kg/t movimentata

#### Rifiuti solidi di provenienza urbana

In una procedura di valutazione rapida del carico inquinante i rifiuti solidi urbani possono essere definiti come:

- rifiuti dovuti ad abitazioni, uffici, alberghi, ristoranti, uffici pubblici, ecc.
- rifiuti non tossici a rilevanza minore, come quelli di lavorazioni artigianali, officine, piccole industrie e che sono, data la loro varietà, difficili da valutare singolarmente e che comunque vengono raccolti assieme agli altri di diversa provenienza
- rifiuti dovuti alla pulizia della rete stradale urbana dei parchi e giardini pubblici, ecc.

La quantità di questo tipo di rifiuti può variare considerevolmente in dipendenza dello standard medio di vita della popolazione nell'area in esame.

Alcuni dati normalizzati sulla base della produzione pro-capite/giorno sono riportati in Tabella 4.

Tabella 4. QUANTITA' GIORNALIERA DI RIFIUTI SOLIDI URBANI PRODOTTI PER PERSONA/GIORNO IN DIFFERENTI AREE GEOGRAFICHE

AREE DEL SUD-EST ASIATICO	0.4 kg per persona/giorno
CITTA' DELL'ASIA, NORD AFRICA E SUD AMERICA	0.7 kg per persona/giorno
CITTA' DI NAZIONI INDUSTRIALIZZATE	1.1 kg per persona/giorno
CITTA' DEGLI USA	2.5 kg per persona/giorno

La Tabella 5 riporta delle composizioni tipiche di rifiuti solidi in alcune nazioni. Anche in questo caso le variazioni possono essere notevoli nell'ambito della stessa nazione.

Tabella 5. COMPOSIZIONE E DENSITA' DI RIFIUTI SOLIDI URBANI IN DIFFERENTI NAZIONI

	G. BRET	INDIA	MESSICO	TUNISIA	ECUADOR	ITALIA
Organici (%)	28	75.2	55	80.8	65.5	31.0
Carta (%)	37	1.5	15	9.6	17.9	21.5
Metalli (%)	9	0.1	8	2.1	1.4	3.1
Vetro (%)	9	0.2	4	1.1	1.7	8.0
Tessili (%)	3	3.1	8	2.9	3.1	6.8
Plastiche e gomme (%)	3	0.9	4	1.2	2.7	9.8
Materiale combustibile (%)	1	0.2	2	0.5	3.0	--
Materiale incombustibile (%)	1	8.9	6	0.1	0.9	--
Materiali inerti <10mm (%)	9	12.0	0	1.8	3.8*	7.5**
Densità (kg/m <sup>3</sup> )	150	570	--	321	292	--

\* 30mm - \*\* non dimensionati

Altro aspetto relativo ai rifiuti solidi prodotti in agglomerati urbani è quello dei fanghi derivanti dal trattamento delle acque reflue urbane o dal trattamento delle acque da potabilizzare. La Tabella 6 riporta, elaborata da Metcal & Eddy, 1972 (Inc. Water and Wastes Engineering, New York, MCGRAW HILL, 1972) una stima dei volumi e dei pesi di tali rifiuti. Anche questo tipo di rifiuto solido qualora impropriamente smaltito è una potenziale sorgente di inquinamento. E' quindi indispensabile la verifica sia del metodo di smaltimento che del relativo carico inquinante.

La tabella 7 riporta alcuni fattori di emissione relativi ad alcune attività commerciali.

Tabella 6. QUANTITA' DI FANGHI UMIDI E SECCHI DERIVANTI DA IMPIANTI DI TRATTAMENTO DI SCARICHI URBANI. I DATI SONO BASATI SU 200/LITRI/PERSONA/GIORNO DI ACQUE REFLUE, OPPURE SU 0.06 KG/PERSONA/GIORNO DI SOLIDI SOSPESI

TRATTAMENTI	QUANTITA' DI FANGHI			
	UMIDI		SECCHI	
	kg/m <sup>3</sup> di scarico	m <sup>3</sup> /1000 pers./giorno	kg/1000 m <sup>3</sup> di scarico	kg/1000 pers. giorno
<b>SEDIMENTAZIONE PRIMARIA:</b>				
NON DIGERITI	3.0	0.6	150	15
DIGERITI IN VASCHE SEPARATE	1.5	0.3	90	15
DIGERITI E DILAVATI SU LETTI A SABBIA	0.2	0.1	90	15
<b>FILTRI A GOCCIOLAMENTO</b>	0.8	0.2	57	15
<b>PRECIPITAZIONE CHIMICA</b>	5.3	1.1	306	15
DILAVATI SU LETTI A SABBIA	1.4	0.3	306	15
<b>SEDIMENTAZIONE PRIMARIA E FANGHI ATTIVI:</b>				
NON DIGERITI	7.0	1.4	280	15
DIGERITI IN VASCHE SEPARATE	2.0	0.4	168	15
DIGERITI E DILAVATI SU LETTI A SABBIA	0.4	0.1	168	15
<b>FANGHI ATTIVI:</b>				
FANGHI UMIDI	19.5	3.9	270	15

Tabella 7. FATTORI DI EMISSIONE RELATIVI ALLA PRODUZIONE GIORNALIERA DI RIFIUTI DI ALCUNE CATEGORIE DI PRODUTTORI

PROVENIENZA	QUANTITA' GIORNALIERA STIMATA
Grandi Magazzini	0.3 kg/m <sup>2</sup>
Centri Commerciali - Supermarkets	0.5 kg/m <sup>2</sup>
Grandi Uffici	0.15 kg/m <sup>2</sup>
Tavole Calde	0.25 kg/pasto
Ristoranti 1 <sup>a</sup> Categoria	0.6 kg/pasto
Hotel 1 <sup>a</sup> Categoria	0.6 kg/pasto + 0.9 kg/letto
Hotel altre categorie	0.4 kg/pasto + 0.6 kg/letto
Motel	0.9 kg/camera
Scuole	0.3 kg/scolaro
Convitti	0.4 kg/pasto + 0.9 kg/letto
Casa di Cura	1.5 - 2.2 kg/letto
Ospedali Generali - Cliniche	2 - 3.5 kg/letto
Chirurgiche	1.2 kg/persona
Campeggi	2 - 2.5 kg/abitante
Centri Urbani	1 - 1.5 kg abitante
Centri Rurali	da determinare volta per volta

## IL CARICO INQUINANTE

Con il termine carico inquinante si intende la quantità totale di un inquinante, o di un insieme di inquinanti rilasciati nell'ambiente, direttamente o indirettamente, da tutte le sorgenti di emissione dell'area in studio, durante un definito periodo di tempo.

Per avere un panorama completo del carico inquinante dovuto all'industria sarà opportuna la raccolta di informazioni aggiuntive come: a) la quantità di rifiuti solidi riciclati o utilizzati come materiale grezzo per altre industrie; b) lo smaltimento dei rifiuti che non vengono riutilizzati.

Vanno infine considerati alcuni problemi difficilmente quantificabili come una raccolta dei rifiuti solidi inadeguata o discontinua, discariche incontrollate, infestazione delle discariche (sia controllate che incontrollate) da parte di animali (ratti) o di microorganismi che possono essere veicolo di infezioni di vario tipo e delle possibili ed immediate misure e/o precauzioni da prendere per ottenere un immediato miglioramento di tali situazioni.

## CONCLUSIONI

Quanto sopra riportato consente una stima del carico inquinante che nella maggior parte dei casi può considerarsi massima. L'utilizzo dei sistemi di contenimento consente percentuali di abbattimento variabili legate essenzialmente alla tecnologia adottata.

Il carico inquinante reale sarà, quindi, la risultante del carico inquinante potenziale e della percentuale di abbattimento delle emissioni nelle diverse condizioni operative e di conseguenza la VR sarà tanto più vicina alla realtà quanto la stima e le estrapolazioni prodotte saranno correttamente calcolate.

## RIFIUTI SOLIDI URBANI E INQUINAMENTO SUOLO-ACQUA

L. Musmeci

Istituto Superiore di Sanità

Roma

### INTRODUZIONE

In via generale si possono distinguere tre categorie di sistemi per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani:

- a) discarica controllata;
- b) incenerimento;
- c) riciclaggio.

A rigore a questi sistemi si dovrebbero aggiungere quelli volti al recupero tramite raccolta differenziata. Ognuna di queste voci può avere peso diverso in rapporto alle caratteristiche del territorio in esame; è evidente infatti che ogni ambito territoriale ha proprie esigenze di tutela ambientale, necessità di risorse, specifiche vocazioni. Inoltre è noto che, qualunque possa essere la "tecnologia complessa" applicata (incenerimento, riciclaggio), la discarica controllata si rende sempre necessaria per lo smaltimento dei residui delle trasformazioni o lavorazioni non più convenientemente valorizzabili (sovvali, scorie).

Scopo di questa nota è, comunque, l'esame dell'impatto ambientale di una discarica, in relazione soprattutto alla salvaguardia delle acque di falda.

Fino a non molti anni orsono, nella gestione delle discariche ci si preoccupava soltanto di affrontare problemi quali: maleodore (si sceglievano siti il più lontano possibile dai centri abitati), il disturbo arrecato da traffico di automezzi di servizio nelle zone limitrofe la discarica, e l'eventualità del trasporto eolico della frazione più leggera dei rifiuti. Solo negli ultimi anni si è cominciato a considerare la discarica come un vero e proprio impianto, e di conseguenza, sia nella fase progettuale che in quella gestionale, ci si è cominciati a porre come problema i due aspetti "più pericolosi" dal punto di vista dell'impatto ambientale: formazione di percolato e quindi "rischio" di inquinamento delle acque di falda e superficiali, formazione ed emissioni di gas.

## ORIGINE E CARATTERISTICHE QUALITATIVE E QUANTITATIVE DEL PERCOLATO

Il percolato è il liquame che si forma per il passaggio dell'acqua piovana od eventualmente, anche delle acque ruscellanti o di altra origine, attraverso i rifiuti solidi urbani (RSU) con solubilizzazione e trascinalamento in sospensione colloidale sia di sostanze organiche che inorganiche. Un minor contributo alla formazione del percolato è dato dallo svolgersi anche di alcuni processi di fermentazione e decomposizione dei rifiuti.

Questo liquame è caratterizzato da indici di inquinamento a volte superiori a quelli dei liquami urbani. Quindi, è necessario, sia in fase progettuale che gestionale prevedere le caratteristiche quali e quantitative di detto liquame al fine di limitare al massimo sino ad annullare l'impatto ambientale negativo dello stesso.

La quantità dei percolati prodotti dipende in linea generale da:

- a) meteorologia ed idrologia della zona;
- b) caratteristiche del rifiuto;
- c) caratteristiche della discarica.

In Figura 1 viene schematizzato un modello semplicistico per stimare la quantità di percolato prodotto in discarica. In tale schema, per semplicità, si fa riferimento ad una discarica ormai ultimata, e considerata come unità isolata, in modo tale che l'unico flusso di ingresso è costituito dalle precipitazioni atmosferiche. Una parte di acqua piovana si allontana dalla discarica per ruscellamento superficiale (Runoff); la parte rimanente alimenta il volume idrico trattenuto dal terreno vegetale per le esigenze delle piante, dal quale si ha, peraltro, una perdita per evapotraspirazione.

Quando l'umidità del terreno raggiunge la capacità di campo, ogni apporto ulteriore percola nell'ammasso di rifiuto sottostante, a meno di uno scorrimento orizzontale che si verifica nel caso di presenza di uno strato a bassa permeabilità (argilla).

L'infiltrazione fa aumentare l'umidità dei rifiuti finché questa supera la capacità di ritenzione. Si ha, a questo punto, produzione di percolato che raggiunge la parte inferiore della discarica.

Un altro contributo positivo o negativo alla formazione di percolato si ha per la produzione o consumo di acqua associabile alle diverse reazioni biochimiche di degradazione aerobica ed anaerobica della sostanza organica. Tale contributo è comunque trascurabile.

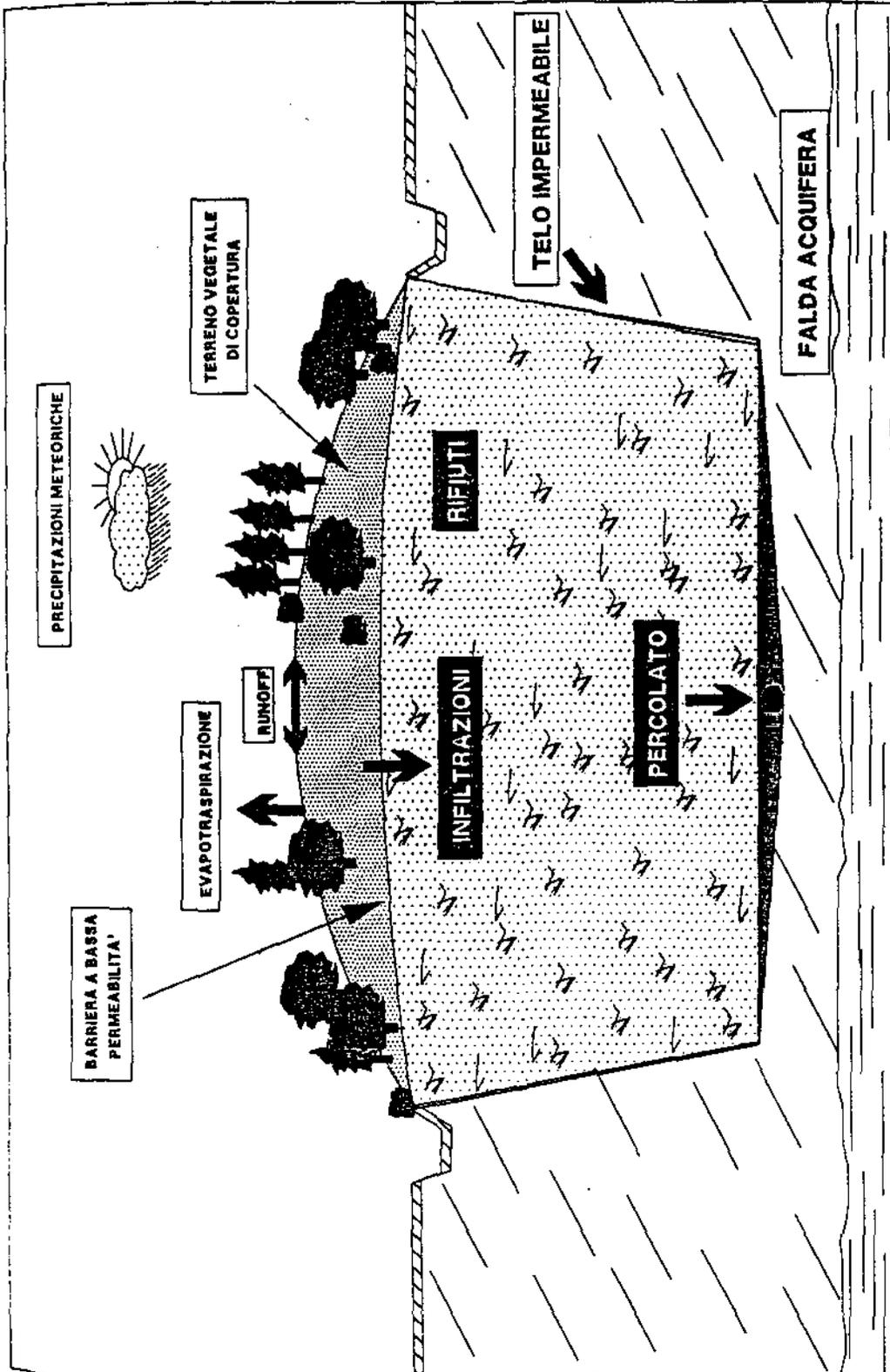


Figura 1 Modello per stimare la quantità di percolato prodotto in discarica ultimata e considerata come unità isolata, tale che l'unico flusso di ingresso è costituito da precipitazioni atmosferiche

Per impostare correttamente un bilancio idrico più generale, andrebbero considerati come flussi in ingresso, che si sommano alla precipitazione, le infiltrazioni di acque superficiali e sotterranee ed il ruscellamento di acqua piovana caduta nelle aree circostanti.

Tuttavia alcuni fattori che influenzano la produzione di percolato possono essere limitati, se non eliminati, quali il ruscellamento delle acque piovane dalle superfici limitrofe (drenaggio intorno al sito), le infiltrazioni dovute a scorrimento di acque superficiali e profonde (manti protettivi sul fondo e sulle pareti). Inoltre sempre al fine di limitare le infiltrazioni di acque in discarica si può agire sul fenomeno dell'evapotraspirazione: la quantità di umidità eliminabile è strettamente legata al tipo di suolo e di vegetazione, quest'ultima poi, anche se può sfavorire il deflusso delle acque di scorrimento superficiale, gioca, però, un ruolo determinante, permettendo di eliminare cospicue quantità di acqua. In certe particolari condizioni ambientali si è calcolato che la quantità di acqua eliminata tramite l'evapotraspirazione può raggiungere circa il 70% dell'acqua piovana, evitando, così che questa si infiltri nel deposito di RSU.

Nel caso di discariche non ancora ultimate le infiltrazioni sono ovviamente maggiori, data l'assenza di vegetazione (quasi assente il fenomeno dell'evapotraspirazione), dato il non ottimale livellamento delle superfici ed il minor spessore delle coperture intermedie. Infatti si è stimato che in discariche ancora in uso le infiltrazioni sono comprese tra il 40 e 80% delle precipitazioni.

Anche il grado di compattazione del rifiuto influenza in modo determinante la capacità di accumulo di acqua da parte dei rifiuti: più è compattato, minore è la produzione di percolato.

Perciò che concerne la composizione qualitativa del percolato essa presenta variazioni rilevanti nelle concentrazioni dei diversi parametri analitici. Per dare un'idea degli ampi campi di variabilità si riporta la Tabella 1.

Oltre alla composizione ed alle caratteristiche chimico/fisiche del rifiuto, i fattori che maggiormente influenzano la composizione del percolato sono:

- a) l'età della discarica e, quindi, il grado di stabilizzazione della sostanza organica;
- b) il bilancio idrico che ha portato alla formazione del percolato.

La quantità del percolato subisce, anzitutto, nel tempo, delle variazioni che seguono l'evolversi dei processi biologici che avvengono all'interno del rifiuto. Tali processi sono per la gran parte (e a maggior ragione nelle discariche a grande profondità contengono rifiuto molto compatto) di tipo anaerobico, caratterizzati, quindi, dalla ben nota successione di una fase acida (contrassegnata dalla produzione di acidi volatili) e da una fase metanigena (nel corso della quale gli stessi acidi sono utilizzati come substrato per la formazione di metano e CO<sub>2</sub>).

Tabella 1. CARATTERIZZAZIONE TIPICA DI UN PERCOLATO DI DISCARICA

PARAMETRO	Intervallo di variazione	Valori tipici
pH	5,3 - 8,5	6
COD	3.000 - 45.000	18.000
BOD <sub>5</sub>	2.000 - 30.000	10.000
Solidi totali	200 - 1.000	500
Conducibilità	2.500 - 9.000	4.000
Alcalinità (CaCO <sub>3</sub> )	1.000 - 10.000	3.000
Durezza (CaCO <sub>3</sub> )	300 - 10.000	3.500
P tot.	1 - 70	25
P - PO <sub>4</sub>	5,3 - 50	15
N org.	1 - 600	200
N NH <sub>4</sub>	10 - 800	200
N NO <sub>3</sub>	5 - 40	25
Ca	200 - 3.000	1.000
Cl	10 - 3.000	500
Na	200 - 2.000	500
K	200 - 2.000	300
SO <sub>4</sub>	100 - 1.500	300
Mg	50 - 1.500	250
Fe	200 - 1.700	300
Zn	1 - 135	20
Cu	1 - 9,00	0,2
Pb	0 - 2,00	0,5
Cd	0 - 0,05	0,05

L'influenza del processo anaerobico a cui è sottoposto il rifiuto sui principali parametri che caratterizzano la composizione del percolato e così riassumibile:

- il pH passa dal campo acido nel primo periodo di vita della discarica (1<sup>a</sup> fase anaerobica) al campo basico (2<sup>a</sup> fase anaerobica);
- il contenuto di sostanza organica (misurato come COD e BOD) è elevatissimo in discariche giovani (per la forte presenza di acidi organici), mentre tende a diminuire, in seguito, per effetto del progredire della degradazione biologica;
- il rapporto BOD/COD (indice dell'aliquota di sostanza organica biodegradabile rispetto alla totale) tende a diminuire fortemente con l'età della discarica per effetto della progressiva demolizione di tutto l'organico biodegradabile: si passa da valori iniziali di 0,5-0,8 a valori di 0,07-0,048 dopo 20 anni;
- il contenuto in metalli pesanti, quali Fe, Mg, Mn, Zn e Ca è molto elevato in discariche giovani (in quanto le condizioni di pH acido favoriscono la solubilizzazione) tendendo poi a diminuire nel tempo;
- altri parametri, come  $\text{NH}_4$ , Cl, K e Na, mostrano un massimo di concentrazione dopo alcuni anni di vita della discarica in relazione alla loro migliorata solubilità, dovuta a sua volta alla decomposizione della sostanza organica che migliorerebbe la distribuzione di acqua nel rifiuto;
- altri parametri, infine, presentano concentrazioni in generale non molto elevate, con fluttuazioni irregolari: è il caso dell' $\text{NO}_3$ , P, Pb, Ni, As, Cu, Cr, Co, ecc.

Quindi, viste le caratteristiche quali-quantitative del percolato è ovvio che deve in ogni modo essere impedito che esso venga in contatto con acque superficiali o profonde.

Gli interventi per limitare al massimo l'impatto negativo del percolato, sono fondamentalmente di due specie: preventivi alla deposizione del rifiuto (idonei siti, impermeabilizzazione naturale o artificiale del fondo e delle pareti, idonei drenaggi); contemporanei o successivi alla collocazione del rifiuto (copertura giornaliera e definitiva, a scarico esaurito, e impermeabilizzante; riciclo eventuale del percolato in discarica stessa, trattamento di depurazione del surplus).

Di norma, il programma di controllo delle acque di falda, potenzialmente inquinata dai percolati provenienti dalle discariche di rifiuti solidi sia urbani che industriali, viene eseguito mediante pozzi o già esistenti o appositamente preparati. Un altro metodo consiste nel drenaggio del percolato sul fondo della discarica e, quindi, prelievo ed analisi delle acque di percolamento.

In questi ultimi anni nel Laboratorio di Igiene Ambientale dell'Istituto Superiore di Sanità in collaborazione con la Regione Veneto si sta studiando un altro possibile metodo di controllo dell'impatto ambientale di una discarica tramite l'analisi chimico/fisica e chimica di campioni di rifiuti solidi e di suolo prelevati con perforazione meccanica a secco nella discarica; più precisamente si è eseguita una serie

di carotaggi in più discariche del Veneto e per ogni discarica si sono individuati più punti ove procedere alla perforazione. La profondità del carotaggio oltre lo strato di rifiuti è in relazione alla profondità della falda acquifera, che, ove possibile, si è cercato di raggiungere per avere informazioni su eventuali inquinamenti delle acque profonde e sulle migrazioni degli inquinanti, anche in relazione al potere tampone del suolo dovuto a fenomeni di adsorbimento, dissoluzione, precipitazione e formazione di complessi.

Tale metodica di controllo non vuole sostituire le precedenti, bensì integrarle, al fine di ottenere un più alto quadro realistico delle varie situazioni.

Quindi, tale programma operativo consta di quattro fasi:

- a) informazione sulla situazione idrologica del sito;
- b) perforazione meccanica: le carote ottenute hanno un diametro medio di 100-150 mm e vengono separate secondo le profondità;
- c) trasporto presso il laboratorio dei campioni previamente congelati;
- d) preparazione ed analisi dei campioni.

Vengono presi in considerazione parametri quali pH, potenziale Redox, conducibilità, umidità, ceneri, fosforo organico ed inorganico, azoto Kjendhal, azoto nitroso e nitrico, solfati, cloruri, acidi umici e fulvici, acidi grassi volatili, che oltre a dare indicazioni sull'intorno chimico servono a darne altre sull'età della discarica e sulle trasformazioni biochimiche che avvengono in essa. Inoltre si determinano parametri quali i microinquinanti metallici ed alcuni composti organici (per es. gli organoclorurati dove se ne sospetti la presenza) che danno un'indicazione sulle possibilità potenziali di inquinamento del suolo sottostante e della falda. Tra i metalli che vengono studiati alcuni hanno rilevanza poiché, normalmente nel rifiuto, anche se di origine urbana, sono presenti in elevate concentrazioni, e questi sono Fe, Al, Mn, Zn, altri sono importanti per il loro aspetto tossicologico As, Cd, Co, Cu, Cr e Pb.

Oltre alle analisi chimiche eseguite sul campione secco, vengono eseguite prove di cessione per controllare anche l'eventuale tossicità dei rifiuti correlata soprattutto alla presenza dei metalli riportata nell'allegato al DPR 915/82.

I "test" di cessione mirano a certificare che, sottoponendo il rifiuto in modo opportuno a prove di dilavamento, l'eluato che ne deriva non comporti danni alle acque superficiali e sotterranee. Cioè il test prende in considerazione la presenza di sostanze "pericolose" nell'eluato del rifiuto solido, e ciò indipendentemente dalla concentrazione assoluta, in quanto i contaminanti sono in grado di diffondersi nell'ambiente, come prima detto, per effetto della solubilizzazione nell'acqua. In questo caso entrano in gioco tutte le interazioni tra acqua e rifiuto, mediante meccanismi acido/base, di precipitazione, di ossido/riduzione e di scambio ionico.

Allo scopo di stabilire a priori le pericolosità relative dei rifiuti e la natura delle interazioni rifiuto/ambiente sono stati proposti numerosi metodi. Tali test possono essere effettuati in "batch" con agitazione meccanica del miscuglio acqua e rifiuto, oppure in colonna con percolazione dell'acqua sopra la massa del rifiuto stesso. I test differiscono, inoltre, per il periodo di durata della prova, per le caratteristiche del liquido di estrazione e per il rapporto solido/liquido. Dei test più importanti, alcuni sono ufficiali, altri in fase di definizione.

Tra i metodi ufficiali quello promulgato dall'Environmental Protection Agency (EPA) il 19.5.78 e recepito dalla legge italiana e pubblicato sulla G.U. n. 183 del 8.8.86, utilizza acqua deionizzata acidificata a pH 5 con acido acetico 0,5N, pH che deve essere mantenuto il più possibile costante durante tutto il periodo di durata dell'operazione, la miscela viene agitata 24 ore allo scopo di mantenere in sospensione tutta la massa.

Il test EPA, sopra citato, simula i processi biochimici che avvengono in una discarica di rifiuti urbani, con formazione, nel primo stadio di degradazione, di acidi organici, quali l'acido acetico, il propionico ed il butirrico.

A titolo esemplificativo vengono riportati in Tabella 2 i risultati analitici delle concentrazioni di alcuni metalli in doppia estrazione (contenuto totale e contenuto eluato), di campioni provenienti da una discarica di RSU ricavata in una ex cava di ghiaia; lo strato di rifiuti era di circa 4 m e la perforazione è stata condotta sino ad una profondità di 10 m in un terreno composto da sabbia e ghiaia.

I campioni analizzati sono 14 di cui 5 di rifiuto e 9 di terreno.

Mentre la quantità di metallo, sia eluata che totale, varia da strato a strato e per ciascun metallo, il valore della percentuale media di estrazione si mantiene costante negli strati di rifiuto (2-4%), per poi aumentare negli strati sotto la discarica raggiungendo il valore di circa il 15%.

Dalla Figura 2 si nota come in alcuni strati di suolo la percentuale di estrazione reale si discosti da quella teorica, rappresentata dalla curva tratteggiata, ciò probabilmente per una particolare composizione del terreno e, quindi, una diversa capacità di assorbimento e di rilascio. Si può ipotizzare, quindi, che negli strati più profondi del rifiuto dove i processi di biotrasformazione e mineralizzazione del rifiuto stesso sono ad un livello avanzato, i metalli si trovino in una forma chimica più facilmente rilasciabile. Questo porterebbe ad un accumulo dei metalli stessi negli strati di suolo sottostanti la discarica ad opera delle acque di percolamento, con conseguente grave danno ambientale.

Tabella 2. QUANTITA' TOTALI E RILASCIATE DI METALLI PESANTI NEI RIFIUTI E NEL SOTTOSUOLO

	AL	AS	CD	CR	CU	FE	MN	NI	PB	ZN
C 1 TOT	257.98	412.76	8.21	2.34	9.15	1908.66	8595.20	63.32	2.11	152.44
RIL	8.05	15.72	0.32	N.D.	0.32	65.72	295.77	2.26	0.06	5.64
C 2 TOT	99.13	280.46	8.46	26.59	9.19	319.15	5164.41	4.83	6.04	664.89
RIL	3.84	8.76	0.31	0.92	0.31	10.44	164.87	0.15	0.18	21.49
C 3 TOT	0.04	392.64	N.D.	2.48	19.38	275.84	7952.29	94.43	9.44	223.66
RIL	N.D.	12.29	N.D.	N.D.	0.61	8.50	243.60	3.04	0.24	7.39
C 4 TOT	2.66	220.98	26.62	29.29	9.58	119.81	2702.30	71.88	58.57	346.11
RIL	0.08	6.87	0.29	1.16	0.29	3.45	62.15	2.16	1.51	8.91
C 5 TOT	209.46	270.95	22.77	25.04	26.18	760.47	6892.11	18.21	41.12	296.00
RIL	10.32	11.22	N.D.	1.03	1.03	28.90	262.89	0.69	1.63	10.84
C 6 TOT	76.25	47.19	2.38	0.24	8.82	19.06	1358.44	71.50	8.10	83.41
RIL	3.80	1.90	N.D.	N.D.	0.38	0.76	54.85	3.05	0.30	3.24
C 7 TOT	256.40	918.63	2.56	2.56	7.68	17.91	2049.61	28.15	6.40	191.91
RIL	18.24	35.76	N.D.	N.D.	0.40	0.79	81.87	1.19	0.24	7.73
C 8 TOT	61.98	147.50	1.07	1.07	19.24	50.23	684.00	32.06	6.84	192.39
RIL	6.56	13.99	N.D.	N.D.	1.99	4.77	74.75	3.18	0.64	18.09
C 9 TOT	98.95	219.19	1.25	1.25	8.77	28.81	815.41	23.80	9.77	81.41
RIL	9.46	19.15	N.D.	N.D.	0.82	2.47	67.88	2.05	0.74	7.20
C 10 TOT	57.42	141.78	2.69	0.90	6.28	5.38	466.62	3.59	3.77	67.30
RIL	6.63	17.03	0.40	N.D.	0.80	0.80	52.43	0.40	0.40	8.04
C 11 TOT	233.92	327.27	1.18	1.18	4.72	9.45	1110.61	2.36	17.72	59.07
RIL	20.08	28.30	N.D.	N.D.	0.40	0.80	94.79	N.D.	1.49	5.22
C 12 TOT	105.87	52.00	1.86	14.86	27.86	14.86	1114.42	40.86	6.50	130.01
RIL	6.46	2.94	N.D.	0.99	1.17	0.78	59.93	2.35	0.31	6.46
C 13 TOT	57.00	232.91	0.10	0.10	4.00	8.00	720.68	11.00	22.00	74.97
RIL	6.31	24.34	N.D.	N.D.	0.38	0.76	68.83	1.15	3.01	7.46
C 14 TOT	127.66	379.73	0.65	0.65	9.72	9.72	454.90	0.65	20.74	81.00
RIL	19.28	62.42	N.D.	N.D.	1.54	1.54	68.24	N.D.	3.05	11.57
D.S.TOT-RIFIUTI	117.73	83.00	10.31	13.54	7.76	727.75	2375.61	37.68	25.00	197.60
D.S.RIL-RIFIUTI	4.72	3.39	0.15	0.52	0.32	25.54	97.53	1.20	0.78	6.26
D.S.TOT-SUOLO	75.37	266.57	0.90	4.68	7.79	14.00	505.40	22.97	6.90	52.22
D.S.RIL-SUOLO	6.51	18.46	-	-	0.58	1.36	13.31	1.14	0.97	4.29

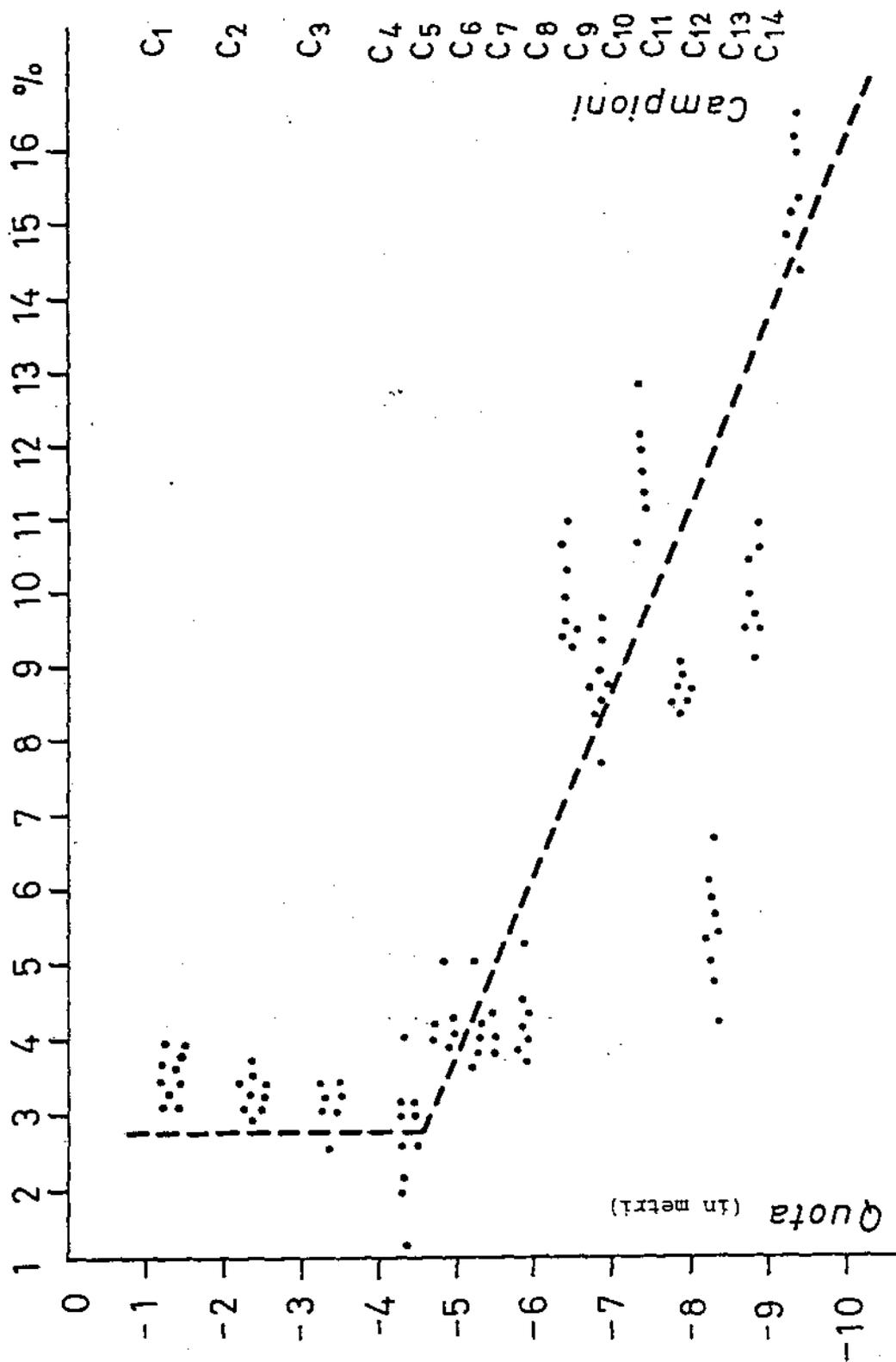


Figura 2 Deviazioni standards delle percentuali delle quantità rilasciate, rispetto alle totali, calcolate per ogni campione e per ogni metallo

## BIBLIOGRAFIA

1. BONTEMPELLI R., ZAVATTIERO E. 1986. Verifica della migrazione di inquinanti da discariche nel Veneto tramite carotaggi. SEP POLLUTION, 739. Padova.
2. CASTAGNOLI O., MUSMECI L., ZAVATTIERO E. 1986. Discarica e ambiente. Valutazione di alcuni parametri in siti del Veneto. SEP POLLUTION, 755. Padova.
3. GERHARDT R.A. 1984. Landfill Leachate Migration and Attenuation in the Unsaturated Zone in Layered and Nonlayered Coarse-Grained Soils. Ground Water Monitoring Review, 4, 2, 56-65.
4. GOODALL D.C., QUIGLEY R.M. 1977. Pollutant migration from two sanitary landfill sites near Sarnia, Ontario. Can. Geotech. J., 14, 223-236.
5. GORLON M.E., HUEBNER P.M., KMET P. 1984. An evaluation of the performance of four clay-lined landfills in Wisconsin. Atti Seventh Annual Madison Waste Conference, September 11-12. University of Wisconsin.
6. MUSMECI L., OLORI L., ZAVATTIERO E. 1985. Migrazione di alcuni metalli pesanti in discariche per rifiuti solidi urbani. Atti XXI Seminario Spettrochimico AIM - V Riunione Italo-Francese di spettrometria atomica, Frascati (Roma).
7. MUSMECI L., ZAVATTIERO E., CASTAGNOLI O. 1985. Behaviour of heavy metals in municipal landfill leachate and groundwater. Heavy metals in the Environment. Athens.
8. ZAVATTIERO E., BONTEMPELLI R., MUSMECI L., CASTAGNOLI O. 1984. Indagini su una discarica non controllata in relazione alle possibilità d'inquinamento delle acque sotterranee. SEP POLLUTION, Padova.
9. ZAVATTIERO E., CASTAGNOLI O., MUSMECI L. 1985. Discariche per rifiuti solidi urbani e percolati. Istituto Superiore di Sanità, Roma, 1985 (Rapporti ISTISAN; n. 85/2).
10. ZAVATTIERO E., MUSMECI L. 1987. I percolati da discarica dei RSU: problemi e controlli. Nuova Ricerca, 3-4, 341-347.

## PROCESSI DI CONTAMINAZIONE DELLE FALDE ACQUIFERE DA ERBICIDI

P. Bottoni, A. Bastone, E. Funari

Istituto Superiore di Sanità

Roma

### INTRODUZIONE

L'uso di sostanze chimiche in agricoltura può essere responsabile della contaminazione dei corpi idrici con il conseguente scadimento della loro qualità. L'impiego di fertilizzanti azotati ad esempio, negli ultimi anni è aumentato considerevolmente in tutto il territorio nazionale provocando, in assenza di una normativa adeguata, la nitrificazione delle falde acquifere, soprattutto nelle aree nelle quali queste sono più vulnerabili.

In diverse regioni italiane è stata evidenziata la presenza di erbicidi nelle risorse idropotabili. I dati disponibili indicano un numero molto limitato di erbicidi quali contaminanti delle falde acquifere se riferito al numero di erbicidi venduti.

Gli erbicidi finora rilevati nelle falde acquifere italiane (atrazina, simazina, bentazone, molinate, propazina, alaclor, metolaclor) rappresentano infatti una frazione minima dei circa 100 erbicidi le cui vendite annuali superano i 1000 quintali (v. Tabella 1).

Pertanto è molto probabile che le dimensioni del fenomeno della contaminazione delle falde acquifere da erbicidi in Italia siano attualmente sottostimate.

Negli Stati Uniti il numero dei pesticidi rilevati nelle risorse idropotabili è andato aumentando con l'affinamento dei metodi analitici ed il miglioramento dei piani di monitoraggio. Nel corso del 1988, nelle falde acquifere di 34 stati degli USA sono stati rilevati 73 pesticidi [1]. I risultati di un piano di monitoraggio su scala nazionale, effettuato precedentemente, aveva mostrato che, su 17 pesticidi rilevati nelle falde acquifere, circa la metà era costituita da erbicidi (alaclor, atrazina, bromacil, cianazina, DCPA, dinoseb, metolaclor, metribuzina, simazina) [2].

L'esame dei dati relativi ai pesticidi determinati nelle falde acquifere ha permesso di evidenziare l'importanza delle caratteristiche chemiodinamiche delle sostanze nei processi di contaminazione delle falde acquifere.

E' stato osservato, ad esempio, che i contaminanti delle falde acquifere hanno in genere valori di solubilità in acqua superiori a 30 mg/l ed emivita superiore a 30 giorni [3].

Tabella 1. ELENCO DEGLI ERBICIDI VENDUTI IN ITALIA NEL II SEMESTRE 1986 E I SEMESTRE 1987\*.

Erbicida	Vendita (kg o litri x 1000)	Erbicida	Vendita (kg o litri x 1000)
Sodio Clorato	1.249.991	Diclofop-metile	52.117
Alaclor	1.108.688	Diquat	51.197
TCA	889.379	Etofumesate	49.897
Propanil	693.595	Flamprop-isopropile	40.257
Metolaclor	543.649	Metoxuron	35.807
2,4-D	313.787	Metobromuron	35.622
Atrasing	300.760	Cianasina	29.822
Linuron	271.391	Cicloato	29.491
Cloridason	268.487	DNOC	28.648
Trifluralin	258.240	Diuron	28.639
Metamitron	235.576	Propisamide	28.484
MCPA	224.547	Isoproturon	28.339
Terbutilazina	206.710	Clortal-dimetile	20.197
Molinate	204.630	Terbumeton	18.847
Simasina	193.526	Lenacil	18.082
Butilate	174.621	Diclobenil	17.650
Dalapon	170.025	Ioxinil	17.280
Pendimetalin	162.826	Terbutrina	17.101
Paraquat	156.161	Difenamide	15.514
Tiobencarb	150.242	Piridate	12.163
Glifosate	109.446	Oxidiason	11.659
Mecoprop	102.149	Metribusin	11.506
Tiocarbazil	97.027	Esasinone	10.370
Bentazone	95.077	Prometrina	9.563
EPTC	90.443	Diclorprop	8.587
Clortoluron	67.348	Asulame	8.148
Fluazifop-butile	64.070	Dicamba	7.433
Metabenstiasuron	58.971	Flurenol	7.378
Fenmedifam	55.719	Dinitramina	7.363
Propaclor	7.066	Acifluorfen	1.607
Triclopir	6.687	Oxifluorfen	1.426

Tabella I (segue)

Erbicida	Vendita (kg o litri x 1000)	Erbicida	Vendita (kg o litri x 1000)
Neburon	6.554	Fosamina d'ammonio	1.417
Setossidim	6.492	Clorbufam	1.415
Dinoseb	6.101	Monolinuron	1.383
Benstiasuron	4.637	Difensonquat	1.318
Benfluralin	4.035	Cicluron	1.066
Picloram	3.690	Noruron	604
Bromofenossina	3.677	Etidimuron	560
Ametrina	3.638	Allossidim-sodio	545
Bromacile	3.583	Cloroxuron	354
Isopropalin	3.563	2,4-DB	268
Metasaclo	3.461	Flamprop-isopropile	165
Clorprofam	3.390	Naptalam	149
Benzoilprop-etile	3.386	Isocarbamide	140
Clorsulfuron	3.320	Perfluidone	113
Quinofop-etile	3.097	Endotal	45
Clortiamid	2.584	Dinoterb	32
Clopirald	2.529	Profam	11
Fomesafen	1.849	Tiasafluron	9
Metoprottrin	1.563	Flurodifen	2

\* I dati sono stati ricavati dal Sistema Informativo del Ministero della Sanità.

### CARATTERISTICHE CHEMIODINAMICHE DELLE SOSTANZE CHIMICHE

I processi di contaminazione delle falde acquifere, a seguito dell'uso di sostanze chimiche in agricoltura, sono stati studiati ripetutamente. Da questi studi è stato possibile evidenziare l'importanza dei fattori che prendono parte a tali processi. La possibilità che una sostanza chimica risulti essere un contaminante di una falda acquifera dipende dalle caratteristiche intrinseche della sostanza, dalla vulnerabilità della falda acquifera, dalle condizioni di applicazione della sostanza e dalle condizioni ambientali.

Le principali caratteristiche chemiodinamiche di una sostanza chimica sono: la solubilità in acqua, i coefficienti di ripartizione tra suolo e acqua, la tensione di vapore, l'emivita e la speciazione.

La solubilità (S) esprime la tendenza di una sostanza a dissolversi in acqua; è una caratteristica molto importante in quanto i movimenti di una sostanza nel suolo

avvengono quasi esclusivamente attraverso la frazione della sostanza che è disciolta nell'acqua. Come riferito precedentemente, si ritiene che i contaminanti delle falde acquifere abbiano in genere valori di solubilità superiori a 30 mg/l [3;4].

Il coefficiente di ripartizione  $K_d$  indica la tendenza di una sostanza a ripartirsi tra le particelle del suolo e l'acqua.

Si ritiene che valori di  $K_d$  inferiori a 5 siano indice di un elevato potenziale di contaminazione delle falde acquifere [4]. Per le sostanze di natura organica, quali erbicidi e pesticidi, è di notevole importanza il loro adsorbimento alla materia organica del suolo.

La tendenza di una sostanza organica ad interagire con il suolo può essere espressa dal  $K_{oc}$  che è il coefficiente di ripartizione della sostanza tra il carbonio organico del suolo e l'acqua. Ad alti valori di  $K_{oc}$  corrispondono forti interazioni con la materia organica del suolo e scarsa mobilità della sostanza considerata. Al contrario, le sostanze con bassi valori di  $K_{oc}$  sono più mobili e possono pertanto rappresentare un rischio di contaminazione delle falde acquifere.

Sulla base delle esperienze maturate, è stato osservato che valori di  $K_{oc}$  inferiori a 300-500 sono indicativi di un elevato potenziale di contaminazione delle falde acquifere [4].

La volatilità di una sostanza dipende soprattutto dalla sua tensione di vapore ( $V_p$ ) ed è influenzata dalle condizioni ambientali (temperatura, velocità del vento, ecc.). Tuttavia le sostanze con un elevato valore di tensione di vapore possono essere responsabili di contaminazione delle falde acquifere, se dotate di elevata solubilità in acqua. La costante di Henry ( $K_H = V_p/S$ ) esprime la tendenza a volatilizzare di sostanze solubili in acqua. Si ritiene che il rischio di contaminazione delle falde acquifere possa essere associato a valori di  $K_H$  inferiori a  $10^{-2}$  atm.m<sup>3</sup>/mole [4].

L'emivita di una sostanza nel suolo ( $t_{1/2}$ ) rappresenta il tempo di dimezzamento della sua concentrazione ed in genere è indicativa dell'influenza dei processi di degradazione biotica ed abiotica sulla sostanza considerata. I processi di degradazione di una sostanza sono fortemente influenzati dalle condizioni ambientali e climatiche locali e pertanto subiscono oscillazioni sensibili con il variare delle stagioni. Una emivita superiore a 3 settimane può essere indicativa di un potenziale di contaminazione delle falde acquifere [4].

La speciazione di una sostanza chimica indica il suo grado di ionizzazione ed è espressa dal  $pK_a$ . In condizioni normali di pH del suolo, le sostanze anioniche a differenza di quelle cationiche, sono scarsamente adsorbite dalle particelle argillose, in genere cariche negativamente [5]. Secondo l' EPA, le sostanze anioniche possono rappresentare un rischio di contaminazione delle falde acquifere [4].

## POTENZIALE DI CONTAMINAZIONE DEGLI ERBICIDI

Come riportato precedentemente, il potenziale di contaminazione di un erbicida dipende da una serie di fattori e condizioni. Sulla base delle sole proprietà intrinseche degli erbicidi, è possibile una classificazione del loro potenziale relativo di contaminazione delle falde acquifere. Laskowski e collaboratori [6] hanno proposto una semplice equazione, basata su quattro parametri chemiodinamici, che permette di definire l'indice di lisciviazione (Leach) delle sostanze chimiche:

$$LEACH = \frac{sx t^{1/2}}{V p x K o c}$$

Sulla base di questa espressione è stato calcolato l'indice di lisciviazione di 27 composti chimici [6].

Rao e collaboratori [7] hanno proposto un modello matematico che consente di classificare il potenziale di contaminazione degli erbicidi sulla base di due fattori: il fattore di attenuazione (AF) ed il fattore di ritardo (RF). Il fattore di attenuazione rappresenta la quantità di sostanza applicata in grado di superare la zona radicale. Il fattore di ritardo è indice della velocità di migrazione verticale della sostanza. Applicando tale modello sono stati individuati i seguenti 12 composti, ritenuti come possibili contaminanti delle falde acquifere: EDB, Bromacil, Picloram, DBCB, Diuron, Monuron, Terbacil, Cianazina, Fonofos, Carbofuran, Aldicarb, Simazina [7].

Cohen [8] ha elaborato una lista di 45 pesticidi (75% dei quali erbicidi) e loro metaboliti dotati di elevato potenziale di contaminazione delle falde acquifere che sono considerati probabili contaminanti di queste e pertanto raccomandati per piani di monitoraggio negli Stati Uniti.

## PRIME CONSIDERAZIONI SUGLI ERBICIDI USATI IN ITALIA

In Tabella 2 vengono riportati i principali dati chemiodinamici relativi ad alcuni erbicidi risultati tra i più venduti in Italia nel secondo semestre 1986 e nel primo semestre 1987.

I dati riportati in Tabella 2 mostrano che in diversi casi i parametri di alcuni degli erbicidi considerati hanno valori indicativi di un alto potenziale di contaminazione. Anche se una classificazione più adeguata richiederebbe una trattazione più approfondita, si può tuttavia osservare che altri erbicidi oltre a quelli già rilevati nelle falde acquifere italiane mostrano caratteristiche tipiche dei contaminanti delle falde acquifere. Si ritiene pertanto opportuno procedere ad una prima classificazione degli erbicidi più venduti in Italia attraverso i modelli matematici semplici, precedentemente descritti. Tale attività dovrà essere seguita da una fase di verifica sperimentale, che comprenda, oltre a studi specifici su campo e in laboratorio, attività di monitoraggio degli erbicidi dotati di elevato potenziale di contaminazione. La presenza di questi erbicidi dovrà essere ricercata nelle falde acquifere più vulnerabili nelle cui aree di ricarica queste sostanze vengono applicate.

Tabella 2. PRINCIPALI PARAMETRI CHEMIODINAMICI DI ALCUNI ERBICIDI DI AMPIO CONSUMO IN ITALIA

Erbicida	p.m.	Solubilità a 20°C		Tensione di vapore a 20°C		K <sub>h</sub>		Koc		Emivita		
		@	mg/l	@	mPa	@		@		@	giorni	
Alaclor	289,8	9	242(a)	9	2,9 (a)	9	1,3x10 <sup>-6</sup>	7	190	8	7-38	6,10
Atracina	215,7	9	30	9	0,04	9	2,5x10 <sup>-7</sup>	11	150-540	6,12	71-130	13,6
Bentazone	240,3	9	500	9	< 0,01	9	----		0-140	12	70	14
Butilane	217,4	9	46	9	170(a)	9	----		540		11-21	15
Cloridazon	221,6	9	400	9	< 0,01	9	----		----		> 140	9
2,4-D	221,0	9	620(a)	9	53x10 <sup>3</sup> (b)	9	5,6x10 <sup>-9</sup>	11	20-140	12,6	4-15	6,13
Dalapon	143,0	9	900(a)	9	----	9	----		3	12	56(c)	16
Diclofop-metile	341,2	9	3(d)	9	0,034	9	----		----		6-150	17
EPTC	189,3	9	375	9	4,5x10 <sup>3</sup> (a)	9	5,9x10 <sup>-4</sup>	11	240	12	7-30	6,18
Etofumesate	286,3	9	110(a)	9	0,086(a)	9	----		330	12	< 35-98	9
Fenmedifam	300,3	9	----	9	1,3x10 <sup>-6</sup> (a)	9	----		2400	12	20-59	19
Flamprop	335,8	9	35(d)	9	0,047	9	----		890	12	70-161	20
Glifosate	189,1	9	12x10 <sup>3</sup> (a)	9	----		----		25-2640	12	< 60	9
Linuron	249,1	9	81(e)	9	2(e)	9	2,5x10 <sup>-6</sup>	7	820	12	75	7
MCPA	200,6	9	----	9	0,2(f)	9	----		110	12	20-50	21
Mecoprop	214,6	9	620	9	----		----		130	12	8	22
Metamitron	202,2	9	1800	9	13(g)	9	----		71	12	----	
Metobromuron	259,1	9	330	9	0,4	9	----		60	12	----	
Metolacior	283,8	9	530	9	1,7	9	3,7x10 <sup>-7</sup>	21	140	12	40-70	10
Molinate	187,3	9	880	9	748(a)	9	9,6x10 <sup>-7</sup>	23	110	12	14-35	9
Paraquat	186,3	9	700x10 <sup>3</sup>	24	----		----		2-15473	12	6,6(h)	25
Pendimetalin	281,3	9	0,3	9	4(a)	9	----		----		(i)	14
Piridate	378,9	9	1,5	9	----		----		----		(l)	14
Propanil	218,1	9	----	9	12(m)	9	----		220	12	(l)	14
Simazina	201,7	9	5	9	810x10 <sup>-6</sup>	9	3,4x10 <sup>-8</sup>	11	135	12	75-100	13,26
TCA	163,4	9	10x10 <sup>6</sup> (a)	9	----	9	----		----		14-90	9

Tabella 2 (segue)

Erbicida	p.m.		Solubilità a 20°C		Tensione di vapore a 20°C		K <sub>h</sub>		Koc		Emivita	
	@	mg/l	@	mPa	@	@	@	@	@	giorni	@	
Terbutilazina	229,7	9	8,5	9	0,15	9	----		1350	12	170	28
Tiobencarb	257,8	9	30	9	2	23	1,7x10 <sup>-7</sup>	23	----		6-7; 23-120	27,28
Tiocarbasil	279,4	9	2,5(n)	9	93(o)	9	3,0x10 <sup>-4</sup>	28	----		0,98-4,9	28
Trifluralin	335,5	9	< 1(p)	9	13,7(m)	9	6,7x10 <sup>-3</sup>	11	4340-1370 0	29,6	4-67; 132	30,13

@ Referenze bibliografiche.

(a)= 25°C; (b)= 160°C; (d)= 22°C; (e)= 24°C; (f)= 21°C; (g)= >70°C; (m)= 60°C; (n)= 30°C; (o)=50°C; (p)=27°C.  
c= scomparsa totale; (h)= anni; (i)= moderatamente persistente; (l)= non persistente.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 US EPA. 1988. Pesticides in Ground Water Data Base 1988. Interim Report. EPA Public Information Center. PM 211B. EPA 401M St. WS Washington D.C.
- 2 COHEN S.Z., EIDEN C. & LORBER M.N. 1986. Monitoring groundwater for pesticides in the U.S.A. In: Evaluation of Pesticides in Groundwater. Garner, W.Y., Washington D.C.
- 3 COHEN S.Z., CREEGER S.M., CARSEL R.F. & ENFIELD C.G. 1984. Potential for pesticide contamination of groundwater from agricultural uses. In: Treatment and Disposal of Pesticide Wastes. Krueger R.F. & Sieber J.N. (Eds). ACS Symp. Ser. No. 259. American Chemical Society. Washington D.C.
- 4 US EPA. 1986. Pesticides in Ground Water: Background Document. Office of Ground Water Protection. Washington D.C.
- 5 WEBER J.B. 1988. Pesticide dissipation in soils and a model for xenobiotic behaviour. In: Pesticides: Food and Environmental Implications. IAEA. Vienna, 1988. pp 45-60.
- 6 LASKOWSKI D.A., GORING C.A.I., MC CALL P.J. & SWANN R.L. 1982. Terrestrial Environment. In: Environmental Risk Analysis for Chemicals. Conway, R.A. (Ed.). Van Nostrand Reinhold Company. N.Y. pp. 198-240.
- 7 RAO P.S.C., HORNSBY A.G. & JESSUP R.E. 1985. Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc. 44: 1-8.
- 8 COHEN S.Z. 1984. List of potential groundwater contaminants. Internal Memo. Office of Pesticide Programs. U.S.EPA. Washington D.C.
- 9 The Pesticide Manual. 1987. 8th Edition Worthing C.R. (Ed.). The British Crop Protection Council.
- 10 WALKER A. & BROWN P.A. 1985. The relative persistence in soil of five acetanilide herbicides. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 34: 143-149.
- 11 JURY W.A., SPENCER W.F. & FARMER W.J. 1984 Behavior Assessment Model for Trace Organics in soil: III. Application of Screening Model. J. Environ. Qual. 13 (4): 573-579.
- 12 KENAGA E.E. 1980. Predicted Bioconcentration Factors and Soil Sorption Coefficient of Pesticides and other Chemicals. Ecotox. Env. Safety 4: 26-38.

- 13 RAO P.S.C. & DAVIDSON J.M. 1980. Estimation of pesticide retention and transformation parameters required in non-point source pollution models. In: Overcash M.R. & Davidson J.M. (eds). Environmental impact of nonpoint source pollution. Ann Arbor Science Publishers INC., Ann. Arbor, MI. pp. 23-67.
- 14 WHO. 1987. Drinking-Water Quality: Guidelines for selected Herbicides. Environmental Health 27.
- 15 Herbicide Handbook 1979. 4<sup>th</sup> edition. Weed Science Society of America Champaign, ILL.
- 16 ZAKHARYAN S.V. 1972. Relation between Delapon and TCA acid herbicides and the microflora of light - brown soils. Symp. Biol. Hung., 1972. 11 pp 391-5.
- 17 MARTENS R. 1978. Degradation of the Herbicide [14 C] Diclofop-methyl in soil under Different Conditions. Pest.Sci. 9, 127-134.
- 18 NASH R.G. 1980. Dissipation rate of pesticide from soils. In: A Field Scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management System. Knisel W.G. (ed.) CREAMS. U.S. Department of Agriculture. Washington D.C. pp. 560-594.
- 19 BELLINCK C. & MAYAUDAN J. 1978. Degradation and half-life periods of phenmedipham in fresh soil. Rev. Ecol. Biol. Sol. 15 (3) : 289-296.
- 20 HITCHINS E.J. & ROBERTS T.R. 1979. Degradation of the herbicide Flamprop-isopropyl in soil under laboratory conditions. Pest.Sci. 10 (1) : 1-13.
- 21 JURY W.A., SPENCER W.F. & FARMER W.J. 1984. Behaviour Assessment Model for Trace Organics in Soil: IV. Review of Experimental Evidence. J. Environ. Qual. 13 (4) : 580-586.
- 22 SMITH A.E. & ROBERTS T.R. 1979. Relative persistence of MCPA, MCPB and Mecoprop in saskatchewan soils and the identification of MCPA in MCPB-treated soils. J. Weed Res. 21 (3-4) : 179-183.
- 23 ROSS L.J. & SAVA R.J. 1986. Fate of Thiobencarb and Molinate in Rice Fields. J. Environ. Qual. 15 (3) : 220-225.
- 24 WHO 1984. Paraquat and Diquat. Environmental Health Criteria 39.
- 25 HANCE R.J., BYAST T.H. & SMITH P.D. 1980. Apparent decomposition of Paraquat in soil. Soil Biol. Biochem. 12 (4) : 447-448.
- 26 BURKHARD N. & GUTH J.A. 1981. Chemical Hydrolysis of 2-Chloro 4-, 6- bis (alkilamino) - 1,3,5-triazine Herbicides and their Breakdown in Soil under the influence of adsorption. Pest. Sci. 12 : 45-52.
- 27 HORIGUCHI H., KAMATA K. & TOSHIDA T. 1981. Effects of herbicides on the soil environment. I Degradation of the herbicide benthocarb in the soil of a paddy field. Kanyo KagaKu Sogo Kenkyusho Nenpo 1 : 29-33.
- 28 DRAPER W. M. & CROSBY D.G. 1984. Photochemistry and Volatility of Drepamon in Water. J. Agric. Food Chem. 32 : 728-733.
- 29 MC CALL P.J., SWANN R.L., LASKOWSKI D.A., UNGER S.M., VRONA S.A. & DISHBURGER H.J. 1980. Estimation of Chemical Mobility in Soil from Liquid Chromatographic Retention Times. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 24: 190-195.
- 30 WAUCHOPE R.D. & LEONARD R.A. 1980. Maximum Pesticide Concentrations in Agricultural Runoff: A Semiempirical Formula. J. Environ. Qual. 9 (4) : 665-672.

## **RUOLO DELLE PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE NELL'IDENTIFICAZIONE DEL RISCHIO TOSSICOLOGICO ED ECOTOSSICOLOGICO**

**S. Caroli, O. Senofonte**

**Istituto Superiore di Sanità**

**Roma**

### **PREMESSA**

La progressiva consapevolezza raggiunta nel corso degli ultimi anni da parte della comunità scientifica e dell'opinione pubblica in generale circa le conseguenze drammatiche della diffusione indiscriminata di sostanze chimiche ha portato ad una profonda trasformazione delle strategie adottate dagli organi preposti alla salvaguardia della salute e dell'ambiente. E' ormai ben noto che l'atteggiamento oggi senza dubbio prevalente privilegia l'azione di prevenzione, dei cui molteplici aspetti uno in particolare sembra meglio degli altri riassumere le caratteristiche innovative alla base dell'attuale moltiplicarsi di iniziative e quindi della loro adozione nelle normative vigenti. La raccolta infatti di tutte le informazioni disponibili in merito ad ogni nuovo prodotto chimico e l'esecuzione a tale scopo di saggi tesi a valutare l'impatto sull'uomo e sugli ecosistemi prima ancora di consentirne la produzione o la commercializzazione costituiscono un momento essenziale dell'intero processo che mira ad ottimizzare il rapporto tra benefici e rischi ancora accettabili in conseguenza del suo impiego.

In questo quadro generale la conoscenza delle proprietà chimico-fisiche di una sostanza permette di prevederne in maniera già alquanto articolata il comportamento per quanto concerne la sua capacità di diffondere nei diversi comparti ambientali ed in prima ipotesi anche il grado di interazione che essa potrà avere con gli organismi viventi. L'insieme dei parametri di questo tipo richiesti per legge nei vari paesi a fini di notifica per gli scopi suddetti, sia che si tratti della Comunità Europea con la Direttiva 79/831 del 1979, meglio nota come Sesta Modifica, degli Stati Uniti con il Toxic Substances Control Act del 1977, del Giappone con il Chemical Substances Control Act del 1973, del Canada con l'Environmental Contaminants Act del 1974 o della Confederazione Elvetica con la Law on Trade in Toxic Substances del 1972, non differisce in modo apprezzabile, come peraltro è ovvio che sia data la coincidenza delle finalità che le norme citate si prefiggono.

Quali siano le caratteristiche chimico-fisiche di rilievo sotto tale profilo ed in che modo esse possano essere utilizzate per avere una prima indicazione sul potenziale tossico ed ecotossico di una sostanza viene illustrato in sintesi nelle sezioni seguenti.

### ESPOSIZIONE E PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE

Il complesso meccanismo che conduce ad una valutazione globale dei livelli di esposizione può convenientemente essere distinto in cinque fasi principali, come riportato nella Tabella 1 (1). Di esse, la prima (descrizione chimica) riguarda la raccolta e la valutazione delle proprietà chimico-fisiche e dei dati identificativi della sostanza in esame. Tra le fonti più frequenti per tali informazioni sono da annoverare i riferimenti bibliografici di maggiore divulgazione, le basi di dati computerizzate ed i bollettini tecnici del produttore, quando ovviamente si tratti di prodotto già noto. Nel caso di una sostanza di nuova produzione peraltro queste caratteristiche devono essere determinate sperimentalmente secondo protocolli rigorosamente codificati in accordo a quanto già detto in precedenza. Il complesso di tali proprietà può essere riassunto in quelle elencate nella Tabella 2, senza tuttavia escludere che altre ancora possano assumere una importanza rilevante in situazioni particolari.

Al di là della evidente utilità derivante dall'uso di terminologie normalizzate e prive di ambiguità per una individuazione univoca di ciascuna sostanza, le relazioni esistenti tra i fenomeni di maggior spicco per l'impatto sulla salute e sull'ambiente e le varie proprietà chimico-fisiche sono evidenziate nella Tabella 3 (2). Il flusso di una sostanza chimica dalla tecnosfera all'ambiente va stimato sulla base delle quantità poste sul mercato, i suoi impieghi ed applicazioni e la natura del comparto ambientale nel quale essa si riversa. Il destino ambientale della sostanza risulta principalmente funzione della sua tendenza tanto a distribuirsi all'interno di un comparto quanto tra comparti diversi, la sua degradabilità abiotica e biotica e la sua capacità di accumulo in settori specifici.

Ciascun parametro di quelli elencati nella Tabella 2 fornisce uno specifico segmento di informazione che a sua volta va collegato con tutti gli altri per una visione complessiva del grado di pericolosità presentata da una determinata sostanza. Nella Tabella 4 (3) si fornisce una sintesi dei diversi scopi per i quali ogni singola proprietà è richiesta, limitatamente tuttavia a quelle elencate nella terza colonna della citata Tabella 2, essendo per le altre del tutto ovvie le finalità.

Tabella 1. SEQUENZA OPERATIVA NELL'ACCERTAMENTO DELL'ESPOSIZIONE

Fase	Dati richiesti
1. Descrizione chimica	-Proprietà chimico-fisiche
2. Bilancio delle masse	-Processi di sintesi e di controllo,usi, immagazzimento,trasporto,eliminazione
3. Identificazione delle vie di esposizione	-Dispersioni, fenomeni ambientali, caratteristiche chimiche
4. Caratteristiche dei gruppi di popolazione interessati	- Siti di rilascio, dati demografici ed ambientali
5. Valutazioni finali	- Concentrazioni ambientali, profili dei gruppi di popolazione interessati

Tabella 2. DATI IDENTIFICATIVI E CHIMICO-FISICI DI INTERESSE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Parametri di identificazione	Parametri chimico-fisici	
	per la pericolosità fisica	per l'interazione con l'ambiente e gli animali
- Nome chimico	- Infiammabilità	- Punto di fusione
- Sinonimi	- Punto di infiammabilità	- Punto di ebollizione
- Numero CAS	- Autoinfiammabilità	- Densità relativa
- Peso molecolare	- Esplosività	- Tensione superficiale
- Formula molecolare	- Proprietà ossidanti	- Tensione di vapore
- Struttura chimica	- Stabilità termica	- Idrosolubilità
- Dati spettrali	- Stabilità in aria	- Liposolubilità
		- Ripartizione n-ottanolo/acqua
		- Adsorbimento e desorbimento nel suolo
		- Densità del vapore
		- Velocità di evaporazione
		- Costante di dissociazione
		- Idrolisi in funzione del pH
		- Diametro delle particelle
		- Formazione di complessi
		- Viscosità

Tabella 3. RILEVANZA DELLE PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE NELLA DETERMINAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

<p>Tecnosfera → Emissione:</p> <p>→ Mobilità e distribuzione:</p> <p>Aria    Acqua    Suolo</p> <p>→ Degradazione:</p> <p>→ Geoaccumulo:</p> <p>→ Bioaccumulo:</p> <p>Biosfera</p> <p>Catena alimentare</p>	<p>Quantità commercializzate, tipi di uso, riciclaggio, controllo dei rifiuti</p> <p><u>Tensione di vapore</u>, <u>idrosolubilità</u>, <u>adsorbimento/desorbimento</u>, <u>densità</u>, <u>diametro delle particelle</u>, <u>volatilità</u>, <u>tensione superficiale</u>, <u>formazione di complessi</u>, <u>peso molecolare</u>, dati meteorologici, qualità dell'acqua e dell'aria</p> <p><u>Idrolisi</u>, <u>costante di dissociazione</u>, reazione con i costituenti dell'aria, degradazione fotoindotta, biodegradazione</p> <p><u>Adsorbimento/desorbimento</u>, estrazione, concentrazioni residue in campioni ambientali</p> <p><u>Ripartizione n-ottanolo/acqua</u>, <u>liposolubilità</u>, <u>idrosolubilità</u>, <u>bioaccumulo</u>, concentrazioni ambientali</p>
---	--

(I termini sottolineati fanno riferimento alle proprietà chimico-fisiche previste in modo esplicito nelle varie normative)

Tabella 4. USO DEI DATI CHIMICO-FISICI

Proprietà	Funzione
- Punto di fusione	- Utile per determinare lo stato fisico a temperatura ambiente, per valutare la purezza e come dato identificativo
- Punto di ebollizione	- E' collegato alla tensione di vapore ed è utile per stabilire la tendenza di una sostanza ad evaporare e come dato identificativo
- Densità (solidi e liquidi)	- Permette la stima della distribuzione relativa in un dato mezzo
- Densità (gas)	- Consente la valutazione della tendenza della sostanza a diffondersi nell'atmosfera
- Tensione superficiale	- Utile per prevedere eventuali azioni emulsionanti su altre sostanze e alterazioni degli equilibri interfacciali sulle pareti cellulari
- Tensione di vapore	- Impiegata assieme alla idrosolubilità per determinare la volatilità, la ripartizione acqua/aria ed i trasferimenti da liquido a gas e da solido a gas e per stimare l'esposizione conseguente all'inalazione
- Idrosolubilità	- Stabilisce, unitamente alla tensione di vapore, l'affinità per i mezzi acquosi e la ripartizione tra acqua ed aria e consente la stima dell'esposizione attraverso i mezzi acquosi e gli alimenti
- Liposolubilità	- Esprime qualitativamente la preferenza di una sostanza per mezzi non acquosi e quindi il carattere lipofilo con il conseguente grado di accumulo potenziale negli organismi
- Ripartizione n-ottano/acqua	- Si usa per stimare quantitativamente il grado di biaccumulo negli organismi e la ripartizione tra suoli (o sedimenti) e mezzi acquosi
- Adsorbimento/desorbimento nei suoli	- Utile per valutare la ripartizione tra suoli (o sedimenti) e mezzi acquosi, così come l'estrazione dai suoli stessi
- Velocità di evaporazione	- Tiene conto della volatilità di una sostanza in ragione della sua tensione di vapore e della sua idrosolubilità
- Costante di dissociazione	- Determina la forma chimica della sostanza nell'ambiente, in particolare nei mezzi acquosi, ed influenza l'adsorbimento della sostanza su suoli e sedimenti e l'accumulo negli organismi
- Diametro delle particelle	- Evidenzia per i solidi la tendenza a rimanere sospesi nell'aria o nell'acqua e quella pertanto ad essere inalati e trattenuti nei polmoni
- Idrolisi	- Consente la determinazione della velocità di trasformazione nei mezzi acquosi
- Formazione di complessi	- Esprime la capacità di una sostanza di legarsi ad altre
- Viscosità	- Fornisce informazioni circa la capacità di penetrazione di un fluido nel suolo ed il possibile effetto negativo sulle acque di falda

In termini generali, ogni analisi del grado di esposizione deve tenere conto sia di quella che ha luogo nel sito specifico di rilascio nell'ambiente che di quella risultante al momento in cui si può ritenere che la sostanza abbia raggiunto l'equilibrio tra i diversi comparti. Sotto questo profilo tre categorie sono configurabili in linea di principio, vale a dire, a) l'esposizione umana diretta, che prende in considerazione i fenomeni conseguenti ad eventi di breve durata in luoghi ben determinati, legati ad esempio alla produzione, uso, trasporto od eliminazione della sostanza; b) l'esposizione ambientale generalizzata, che fa riferimento alle conseguenze derivanti dalla distribuzione nei vari comparti della sostanza in oggetto e quindi almeno a condizioni di stato stazionario, se non di equilibrio. Questo tipo di esposizione include ovviamente anche l'esposizione umana indiretta; c) l'esposizione ambientale diretta, che, analogamente a quella di cui

alla voce a, considera gli effetti di un rilascio puntiforme su bersagli ambientali ~~in~~ umani. In questo terzo caso, non è necessario fare ipotesi sulla esistenza di ~~un~~ ~~stazionario~~ stazionario.

In questo contesto le proprietà chimico-fisiche svolgono una ~~parte~~ ~~importante~~ nell'elaborazione di procedure atte a predire il destino finale di una sostanza ~~e il~~ ~~suo~~ impatto sugli organismi. La sezione successiva illustra alcune delle possibilità ~~che~~ ~~sono~~ inerenti all'impiego di questi parametri per le finalità suddette.

### PREDITTIVITA' E PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE

Numerosi modelli sono stati finora elaborati nel tentativo di mettere a ~~punto~~ ~~dei~~ sistemi coerenti ed attendibili di valutazione dell'esposizione. Data la ~~complessità~~ ~~e la~~ continua evoluzione dell'argomento tentare una rassegna completa sarebbe ~~probabilmente~~ ~~non~~ non realistico. A titolo esemplificativo dei maggiori aspetti relativi ~~alle~~ ~~due~~ strategie si ritiene comunque utile menzionare alcuni dei procedimenti ~~che~~ ~~sono~~ oggi suscitato più interesse. Tra di essi vanno citati, ancorchè siano in una ~~certa~~ ~~misura~~ diversi sia nell'impostazione che negli obiettivi prefissati, i modelli ~~proposti~~ ~~da~~ Klopffer (4), Neely (5), Mackay (6), Wood (7), Schmidt-Bleek (8) e Sampaio ~~et al.~~ ~~che~~ mirano comunque al soddisfacimento di almeno una di due necessità ~~prioritarie~~ ~~che~~ ~~è~~ dire la previsione della più probabile distribuzione ambientale e la ~~categorizzazione~~ ~~sistematica~~ sistematica delle sostanze chimiche secondo il loro grado di pericolosità per ~~identificare~~ ~~quelle~~ quelle che meritano un'immediata azione di verifica del loro potenziale tossico.

Mentre il modello di Klopffer assume che si sia raggiunto l'equilibrio ~~tra~~ ~~diversi~~ diversi comparti, quello di Neely si basa su dati di laboratorio e di ~~concentrazione~~ ~~ambientale~~ ambientale per descrivere il comportamento della sostanza in un mezzo ~~variabile~~ ~~in~~ modello di Mackay a sua volta fa ricorso al concetto della cosiddetta ~~fugacità~~ ~~per~~ spiegare le relazioni tra i diversi comparti e può essere sviluppato a ~~seconda~~ ~~della~~ sofisticazione crescente a seconda dei dati disponibili. Il modello di Wood, ~~incide~~ ~~per~~ essere considerato una variante di quello di Mackay. Il sistema elaborato da Sampaio ~~et al.~~ ~~Binetti~~ Binetti fornisce informazioni sia per quanto concerne la sequenza di ~~priorità~~ ~~che~~ il rischio derivante dall'esposizione umana ed ambientale, sviluppando ~~con~~ ~~una~~ efficacemente ed originalmente la procedura proposta a suo tempo da Schmidt-Bleek ~~e~~ ~~collaboratori~~ e collaboratori. Mentre si rinvia alle fonti citate per una descrizione dettagliata ~~degli~~ ~~anni~~ modelli a cui si è fatto cenno, si ritiene utile esplicitare maggiormente i ~~concetti~~ ~~alla~~ base dei sistemi elaborati rispettivamente da Mackay e Schmidt-Bleek in ~~considerazione~~ ~~del~~ del fatto che essi rappresentano due strategie fondamentalmente diverse e ~~complementari~~ ~~complementari~~ complementari.

Per quanto riguarda il modello di Mackay, in ciò coincidente con ~~quello~~ ~~di~~ Wood, esso si serve ampiamente del già menzionato concetto di fugacità, vale ~~a~~ ~~dire~~ ~~la~~ tendenza di una sostanza a sfuggire da una determinata fase per trasferirsi in ~~un'altra~~ ~~fase~~. E' necessario, data la trattazione termodinamica a cui si fa ricorso, assumere ~~che~~ ~~in~~ ~~vari~~ ~~comparti~~ ~~esistano~~ ~~condizioni~~ ~~di~~ ~~equilibrio~~ ~~o~~ ~~di~~ ~~stato~~ ~~stazionario~~. Le due ~~ipotesi~~ ~~coincidono~~ coincidono nella versione più semplice, ossia quando si ponga il vincolo dell'equilibrio ~~istantaneo~~ ~~ed~~ istantaneo ed in più non si tenga conto di fenomeni degradativi. Le ipotesi ~~originali~~ ~~originali~~ originali

quindi consistono nell'assumere che a) l'ambiente sia un sistema chiuso formato dai comparti aria (A), acqua (W), sedimenti (SD), suolo (S) ed organismi acquatici (B); b) la sostanza abbia raggiunto l'equilibrio termodinamico per quanto riguarda il trasferimento da fase a fase ed il trasporto all'interno di ogni fase; c) durante il processo di distribuzione non abbiano luogo fenomeni di degradazione.

Sotto queste condizioni la tendenza a sfuggire da una fase è la stessa per ciascuna di esse, sicchè si può parlare di una fugacità uguale per tutti i settori considerati (equazione 1 nella Tabella 5). La fugacità  $f_i$  (espressa in Pa) può essere direttamente correlata alla concentrazione  $C_i$  (in moli  $m^{-3}$  nel ciascun comparto  $i$ -esimo dati i relativamente bassi valori a cui in genere si trovano i contaminanti ambientali. La costante di proporzionalità in questo caso è chiamata capacità di fugacità,  $Z_i$ , le cui unità sono moli  $m^{-3} Pa^{-1}$ , come desumibile dall'equazione 2 nella Tabella 5. Semplici trasformazioni matematiche portano all'espressione 3 della Tabella 5, che permette la stima della ripartizione tra i vari comparti. Le capacità di fugacità specifiche sono formulate nel modo riportato nella Tabella 5 con la serie di equazioni contrassegnate con 4. I dati chimico-fisici essenziali per tale procedimento sono il peso molecolare, la idrosolubilità, la tensione di vapore, la costante di adsorbimento nel suolo ed il coefficiente di ripartizione n-ottanolo/acqua. E' chiaro che la distribuzione totale delle masse è solo un segmento dell'informazione globale necessaria per una definizione significativa del rischio. E' inoltre importante conoscere la distribuzione della sostanza in termini di concentrazioni e non solo di masse. A questo proposito va detto che, per quanto riguarda il modello di Wood, con esso è possibile calcolare le cosiddette frazioni di ripartizione all'equilibrio secondo l'espressione 5 della Tabella 5, con il vantaggio che tali valori sono indipendenti dai volumi interessati. A differenza dei parametri  $P_i$ , quindi, che forniscono indicazioni sul sito dove è probabile che si accumuli la maggior parte della sostanza, le grandezze  $P_i$  evidenziano il settore dove la concentrazione è più elevata. Entrambe le strategie sono ovviamente utili nella valutazione complessiva. A titolo di esempio si può notare che generalmente la massa di una sostanza accumulata negli organismi è in assoluto trascurabile rispetto a quella totale, ma può essere assai rilevante quando la si consideri come concentrazione relativa.

Tabella 5. ESPRESSIONI FONDAMENTALI DEL MODELLO DI MACKAY

$$(1) f = f_A = f_W = f_{SD} = f_S = f_B$$

$$(2) C_i = Z_i \times f_i$$

$$(3) P_i = Z_i \times V_i / \sum_i Z_i \times V_i$$

$$(4) Z_A = 1/RT; Z_W = 1/H; Z_{S/SD} = K_D S/H; Z_B = K_{ow} B/H$$

$$(5) P'_i = Z_i / \sum_i Z_i$$

(A = aria, W = acqua, SD = sedimenti, S = suolo, B = organismi;  $i$  = componente  $i$ -esimo;  $R$  ( $J \text{ mol}^{-1} K^{-1}$ ) = costante universale dei gas;  $T$  (K) = temperatura assoluta;  $H$  ( $m^3 Pa \text{ mol}^{-1}$ ) = costante di Henry;  $K_D$  ( $m^3$  di acqua per  $10^6$  g di adsorbente) = coefficiente di adsorbimento =  $K_{oc}$  (% contenuto di carbonio organico / 100);  $S$  ( $g \text{ cm}^{-3}$ ) = densità dell'adsorbente;  $B$  = frazione di massa degli organismi moltiplicata per la parte lipidica;  $K_{ow}$  = coefficiente di ripartizione n-ottanolo/acqua;  $V_i$  = volume  $i$ -esimo del composto considerato)

Sull'altro versante, per quanto attiene cioè alla capacità di stabilire, sulla scorta di informazioni accuratamente selezionate, tra cui appunto anche i dati chimico-fisici, una sequenza di pericolosità per le sostanze considerate che consenta la rapida identificazione di quelle che pongono i maggiori rischi nei diversi composti, risulta essere di rilievo il metodo messo a punto da Schmidt-Bleek e collaboratori. La procedura permette l'ottenimento, per ognuno dei settori principali aria, acqua, e suoli/sedimenti, di una grandezza indicata nell'ordine con X, Y, e Z. Questa, in ognuna delle tre ipotesi, risulta dalla combinazione in modo appropriato di indici legati all'esposizione con parametri collegati agli effetti indotti nel comparto d'interesse. E' così possibile esprimere in maniera razionale, sistematica e quantitativa il rischio che caratterizza ciascuno dei tre settori. Le espressioni utilizzate a questo scopo sono riportate nella Tabella 6. Risulta evidente che soprattutto il fattore relativo all'esposizione richiede l'utilizzazione di dati chimico-fisici sia direttamente che attraverso la stima della compartimentalizzazione effettuata secondo quanto prescritto da sistemi del tipo di quello già citato di Mackay. L'esito finale del calcolo porta a tre valori normalizzati (x, y e z) la cui escursione è compresa tra 0 e 1 ed è proporzionale all'entità del rischio corrispondente. E' facilmente intuibile che questo esercizio non può sostituire una più approfondita valutazione del rischio ambientale, anche se assolve un compito di primaria importanza permettendo la categorizzazione di sostanze non ancora studiate sperimentalmente.

Tabella 6. CATEGORIZZAZIONE DEL RISCHIO SECONDO SCHMIDT-BLEEK

$$\text{Aria: } X = E_{ar} \times EF'_{ar}; E_{ar} = (C_{ar} \times P_{ar})/U;$$

$$EF'_{ar} = EF_1 + (EF_m + EF_p)/2$$

$$\text{Acqua: } Y = E_{ac} \times EF'_{ac}; E_{ac} = (C_{ac} \times (P_{ac} + BA))/U;$$

$$EF'_{ac} = EF_{ac} + (EF_m + EF_p)/2$$

$$\text{Suoli e Sedimenti: } Z = E_{ss} \times EF'_{ss}; E_{ss} = (C_{ss} \times P_{ss})/U;$$

$$EF'_{ss} = EF_1 + (EF_m + EF_p)/2$$

(X, Y, Z = fattori di distribuzione nei tre compartimenti;  $E_{ar, ac, ss}$  = esposizione;  $EF'_{ar, ac, ss}$  = effetti; C = compartimentalizzazione; P = persistenza; BA = bioaccumulazione; U = utilizzazione;  $EF_1$  = tossicità per i mammiferi, orale od inalativa;  $EF_{ac}$  = media della tossicità acuta per pesci e dafnie;  $EF_m$  = mutagenicità;  $EF_p$  = sensibilizzazione della pelle)

#### OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

L'insieme dei parametri chimico-fisici descritti offre complessivamente uno strumento assai utile per la definizione del rischio a fini di protezione della salute e dell'ambiente. Questa caratteristica emerge con forza quando tali proprietà vengono impiegate per migliorare i metodi di individuazione delle sostanze e dei processi chimici più pericolosi e di prevenzione delle loro conseguenze negative. In qualunque maniera si voglia considerare l'importanza delle proprietà chimico-fisiche, va comunque evidenziato che la loro efficacia è funzione delle loro attendibilità. Ciò rende ancora

più urgente l'opera di armonizzazione delle procedure di misura scelte e la progressiva adozione delle norme di buona pratica di laboratorio. Solo in questo modo infatti sarà possibile conseguire l'obiettivo di una stima realistica ed efficace degli effetti conseguenti all'esposizione a prodotti chimici di cui non sia già stato sufficientemente esplorato il potenziale tossico.

## BIBLIOGRAFIA

1. J.M. HUSHON, R.J. CLERMAN, Estimation of Exposure to Hazardous Chemicals, in: Hazard Assessment of Chemicals (Ed. J. Saxena), 323-388, Academic Press, Inc., 1981.
2. F. SCHMIDT-BLEEK, A.W. KLEIN, W. HABERLAND, Present Status of Hazard Assessment of Chemicals in the Environment in the Scientific View, Workshop on Chemicals in the Environment, 18-20 October, Lyngby-Copenhagen.
3. J.M. HUSHON, A.W. KLEIN, W.J.M. STRACHAN, F. SCHMIDT-BLEEK, Use of OECD Premarket Data in Environmental Exposure Analysis for New Chemicals, Chemosphere, 1982.
4. R. FRISCHE, W. KLOPFER, W. SCHONBORN, Bewertung von organisch-chemischen Stoffen und Produkten in Bezug auf ihr Umweltverhalten - Chemische, biologische und wirtschaftliche Aspekte. Contract No. Bf-R-83, 560-1, 1979.
5. W.B. NEELY, Chemicals in the Environment: Distribution, Transport, Fate Analysis. Marcel Dekker, New York, 1890.
6. D. MACKAY, Finding Fugacity Feasible, Environ. Sci. Technol., 13 (1979), 1218.
7. W.P. WOOD, Comparison of Environmental Compartmentalisation Approaches, OECD Chemicals Group, Working Party of Exposure Analysis, Room Doc. 80.21, 1981.
8. F. SCHMIDT-BLEEK, W. HABERLAND, A.W. KLEIN, S. CAROLI, Steps toward Environmental Hazard Assessment of New Chemicals (including a Hazard Assessment based upon Directive 79/831 EEC), Chemosphere, 11 (1982), 383-415.
9. A. SAMPAOLO, R. BINETTI, Elaboration of Practical Method for Priority Selections and Risk Assessment among Existing Chemicals, Reg. Toxicol. Pharmacol., 6 (1986), 129-154.

## VALUTAZIONE DEI RISCHI DELLE SOSTANZE CHIMICHE NELL'AMBIENTE

A. Sampaolo

Istituto Superiore di Sanità

Roma

Non è facile trattare della valutazione dei rischi connessi con l'uso delle sostanze chimiche con sufficiente serietà professionale. Molte sono le confusioni, le incertezze che spesso sono soltanto la conseguenza di un approccio superficiale, spesso basato più su spinte emotive che su basi razionali.

Per cercare di approfondire il tema della valutazione dei rischi, partiremo proprio da un caso concreto, sufficientemente emblematico di una diffusa confusione, con la quale il chimico ed il tossicologo debbono spesso confrontarsi: rivelazione analitica di contaminanti nell'acqua potabile e suo significato tossicologico.

E' anzitutto necessario pervenire ad un'interpretazione univoca del termine "contaminazione".

Un primo elemento che può aiutarci è considerare il contrario, cioè l'assenza nell'acqua di sostanze estranee. Infatti, a norma di legge, l'acqua deve essere offerta al consumo così come sgorga dalla sorgente. Evidentemente il legislatore non poteva pensare che la stessa sorgente potesse essere contaminata.

Tuttavia, approfondendo l'esame, ci si accorge che questo assunto non ci aiuta così efficacemente come può sembrare.

Infatti, il concetto di "assenza di sostanze estranee" non può avere che un significato relativo, condizionato ai mezzi di cui disponiamo per accertare questa assenza. Si tratta evidentemente di mezzi analitici e dalla loro sensibilità, dalla loro capacità di rivelazione dipende la nostra sicurezza nell'accertamento di questa assenza. In altri termini, non sarà mai possibile essere sicuri che una data sostanza sia assente nel substrato sottoposto ad esame: potremo limitarci a dire che una data sostanza non è rivelabile in quantità corrispondente alla sensibilità del metodo adottato (zero analitico). Trent'anni addietro avremmo considerato assente una sostanza che fosse risultata non rivelabile con una sensibilità di determinazione di 1 parte per milione, cioè di 1 milligrammo per litro di acqua. Poi la sensibilità degli strumenti analitici fu spinta più oltre e 15-20 anni fa avremmo considerato assente una sostanza che non fosse rivelabile al livello di 0,1 ppm.

Progressivamente le strumentazioni analitiche raggiunsero una sensibilità ancora più spinta e fu necessario rendere di uso corrente un'altra dimensione, mille volte inferiore alla parte per milione, cioè la parte per miliardo, o ppb, corrispondente ad un microgrammo per litro, ovvero ad un milligrammo per 1000 litri di acqua. La

sensibilità analitica varia non soltanto in rapporto allo strumento utilizzato, ma anche alla particolare reattività o capacità della specifica sostanza di determinare una risposta alla specifica indagine analitica.

Sono cose che tutti sappiamo eppure a volte una diffusa confusione ha generato (e non soltanto nei mezzi di informazione) conseguenze anche drammatiche.

La confusione risiedeva soprattutto nel fatto che automaticamente fosse attribuito alla capacità di rivelazione analitica un significato tossicologico. Per quanto anche questi concetti siano oggi ampiamente acquisiti, sia consentito di richiamarli per portare anche in questo un contributo alla chiarezza.

Ciascuna sostanza è caratterizzata da specifiche proprietà tossicologiche. E' per questo che una data sostanza risulta più tossica di un'altra, in base alla sua capacità di determinare effetti dannosi a breve o a lungo termine. E' ovvio che, nel caso di un contaminante dell'acqua di uso umano, debba essere considerata la possibilità che l'assunzione ripetuta e prolungata di piccole quantità determini effetti dannosi, con lunga capacità di latenza. In tal caso bisogna disporre di dati sperimentali sufficientemente rappresentativi dei fenomeni che possono svilupparsi nell'organismo umano a seguito di assunzione a lungo termine, cioè per l'intera vita degli animali da esperimento e sulle generazioni successive, utilizzando tutti i possibili esami chimico-clinici, biochimici, istopatologici. Ciò dovrebbe consentire di pervenire all'individuazione di una dose senza effetto, vale a dire di un dosaggio che, per assorbimento a lungo termine, non determini alcun effetto tossico osservabile. Di grande importanza sarà anche individuare, ai dosaggi superiori, la qualità e la gravità degli effetti tossici prodotti ed i rispettivi organi o sistemi bersaglio.

Tuttavia non sarà possibile accontentarsi di queste pur attente ricerche per potere estrapolare con sicurezza questi risultati all'uomo. Diversa è la sensibilità delle specie animali tra loro e delle specie animali studiate rispetto a quella dell'organismo umano. E' oggi assodato, ad esempio, che varie specie animali dimostrano una sensibilità alla 2,3,7,8-TCDD (nota comunemente come la più tossica delle diossine) superiore a quella dimostrata dall'uomo. Si preferisce, tuttavia, a titolo precauzionale, supporre che l'uomo possa essere più sensibile alle sostanze chimiche di quanto lo siano le specie animali studiate.

Di conseguenza, si fa ricorso all'adozione di "fattori di sicurezza", cioè a fattori demoltiplicativi, capaci di aumentare il grado di ragionevole sicurezza nello stabilire la dose presumibilmente sprovvista di effetti tossici nell'uomo. In forza di questa ulteriore garanzia, individuata la dose risultata sprovvista di effetti tossici osservabili nell'animale, si assume che soltanto un centesimo o un millesimo di essa, o se necessario una frazione ancor più piccola sia convenzionalmente accettata come dose giornaliera accettabile per l'uomo (ADI). La scelta dell'ordine di grandezza di questo fattore di sicurezza dipenderà dalla natura e dalla gravità degli effetti rilevati negli animali a livelli superiori e dalla completezza e validità degli studi disponibili. Tenuto conto del

peso corporeo medio dell'individuo e della quantità giornalmente ingerita dell'alimento o bevanda in cui il contaminante può essere presente viene calcolato il limite teorico tossicologico.

Da questi richiami a concetti assolutamente noti e di uso corrente in campo internazionale emerge chiaramente che livello di rivelabilità analitica e livello tossicologicamente significativo non possono in alcun modo essere confusi: una data sostanza potrebbe esplicare effetti tossici a livelli tanto bassi da non potere essere rivelati analiticamente, come è possibile che in altri casi una sensibilità di rivelazione analitica particolarmente spinta sia irrilevante rispetto al limite teorico tossicologico individuato. Pertanto, affermare (come è stato fatto) che rivelare la presenza di una data sostanza nell'acqua equivale a dichiararne la nocività è privo di senso scientifico. Purtroppo questa presunta equivalenza ha ingenerato gravi confusioni psicologiche e operative.

L'esempio qui trattato, anche se ancora non ci ha introdotto alla valutazione del rischio, ha inteso mettere in evidenza cosa non è valutazione del rischio.

La valutazione dei rischi connessi con le sostanze chimiche costituisce un tema di viva attualità. I mezzi di informazione, spesso con scarsa informazione, ogni giorno offrono all'attenzione dell'opinione pubblica motivi quasi sempre di allarme, prendendo spunto da reali o presunti casi di incidenti, di contaminazione ambientale.

Così risulta difficile, anche per chi ha soprattutto a cuore l'oggettività della valutazione e la necessaria serietà professionale, individuare e quantificare nelle giuste dimensioni non soltanto i singoli casi ma perfino la tematica nel suo insieme.

Per potere affrontare il tema della valutazione dei rischi è anzitutto necessario puntualizzare alcune distinzioni, che sono alla base, in quanto trascurate, di confusioni frequentemente capaci di esercitare un impatto gravissimo e ingiustificato sulle decisioni politiche e amministrative.

Ciascuna sostanza è caratterizzata da specifiche proprietà chimico-fisiche, tossicologiche, ecotossicologiche. Queste proprietà definiscono la PERICOLOSITA' INTRINSECA della sostanza, che non equivale certo al rischio che può determinarsi.

I vari impieghi della sostanza la fanno interagire con condizioni proprie del substrato recettore, sia esso l'uomo o l'ambiente. Si sviluppa quindi un COMPORTAMENTO della sostanza, che è evidentemente legato alle sue proprietà intrinseche ma è anche in relazione alle condizioni che presenta il mezzo recettore.

Così la sostanza può diffondere in maggiore o minore misura nell'ambiente, in funzione della sua tensione di vapore, della sua densità, della sua idrosolubilità, con conseguente mobilità nel suolo e diffusione della contaminazione secondo alcune direttrici preferenziali. La DIFFUSIONE AMBIENTALE viene moltiplicata o demoltiplicata dalla PERSISTENZA o dalla FUGACITA'.

I diversi impieghi possono determinare una PLURALITA' DI ESPOSIZIONE per l'uomo, che può venire in contatto con la sostanza per ESPOSIZIONE PERSONALE (alimenti, acqua, prodotti di uso personale), per ESPOSIZIONE DOMESTICA (prodotti usati in casa) o per ESPOSIZIONE PROFESSIONALE (in rapporto alla specifica attività lavorativa).

La possibilità che gli effetti della sostanza siano magnificati dipende dalla sua capacità di BIOCONCENTRAZIONE nell'uomo, negli organismi animali e vegetali o nei vari comparti ambientali.

Infine esistono alcuni parametri oggettivi, esterni alle proprietà ed al comportamento della sostanza, che sono tuttavia certamente influenti sulla gravità del rischio: la QUANTITA' della sostanza in gioco e le DIMENSIONI DELLA POPOLAZIONE POTENZIALMENTE ESPOSTA AL RISCHIO.

E' sull'interazione di tutti questi fattori che può basarsi una fondata valutazione del rischio delle sostanze chimiche. Nella grande maggioranza dei casi, invece, si identifica la tossicità intrinseca di una data sostanza con la possibilità reale che gli effetti tossici si esplicino. Di più, ignorando a priori qualsiasi possibilità o tentativo di quantificare l'entità del rischio, con deprecabile approssimazione tipica di una sbrigativa sottocultura si identifica la pericolosità intrinseca, di qualsiasi grado di potenza, con il più grave livello di rischio o addirittura di danno per l'uomo e per l'ambiente.

Questo tipo di impostazione non soltanto non porta alcun contributo alla soluzione dei problemi esistenti, ma anzi è causa di profonde confusioni, di drammatiche agitazioni e tensioni, di decisioni affrettate, di sperpero di energie e di distorsioni di sviluppo.

E' logico quindi che in varie sedi internazionali si avanzino proposte di metodi per la valutazione dei rischi, sulla base della consolidata certezza che una valutazione basata sulle sole proprietà intrinseche è del tutto insufficiente.

Ovviamente non si può parlare in generale di valutazione del rischio, ma è necessario precisare:

- per quale soggetto (uomo, ambiente)
- quale tipo di rischio (rischi di tossicità in generale o più in particolare rischio di effetti specifici, ad esempio cancerogeni, immediati o differiti, oppure rischi fisici, come il rischio di incendio o di scoppio, oppure rischi per le specie ambientali)
- in rapporto a quale forma di esposizione (ad esempio, attraverso gli alimenti nel caso di un contaminante alimentare, o attraverso prodotti cosmetici o nell'uso domestico o professionale).

Nell'Istituto Superiore di Sanità abbiamo sviluppato un metodo per la valutazione dei rischi che utilizza semplici espressioni matematiche per legare insieme i parametri già indicati. Ad esempio, si può calcolare l'Indice di Rischio (IR) per Esposizione Personale Diretta (EPD) con l'espressione:

$$IR-EPD = (PCF + PT) \cdot Q \cdot BC \cdot PED \cdot PR$$

dove:

- PCF = coefficienti attribuiti alle proprietà chimico-fisiche
- PT = coefficienti attribuiti alle proprietà tossicologiche
- Q = coefficiente attribuito alla quantità in gioco
- BC = coefficiente attribuito alla capacità di bioconcentrazione
- PED = coefficiente attribuito per la pluralità di esposizione diretta
- PR = coefficiente attribuito per le dimensioni della popolazione a rischio

Nel caso che si intendesse evidenziare aspetti specifici dei rischi sono previste semplici possibilità di sostituzione dei coefficienti suddetti con coefficienti specifici (proprietà cancerogene in luogo delle proprietà tossicologiche, utilizzazione delle sole proprietà legate ad effetti acuti per i rischi di effetti immediati, una sola forma di esposizione in luogo della pluralità nel caso di situazioni specifiche).

Si può ugualmente calcolare l'Indice di rischio per Esposizione Ambientale (EA), utilizzando l'espressione:

$$IR-EA = (PCF + PT + PET) \cdot Q \cdot BC \cdot DA \cdot P \cdot PR$$

dove: PCF, PT, Q, BC, PR hanno il significato già indicato, mentre,

- PET = coefficiente attribuito alle proprietà ecotossicologiche
- DA = coefficiente attribuito per la diffusione ambientale
- P = coefficiente attribuito per la persistenza.

Anche in questo caso è possibile considerare aspetti più particolari, utilizzando semplici modifiche di questa espressione.

Si può avere interesse a valutare i rischi connessi con l'insieme delle esposizioni, personale e ambientale. Ciò si verifica, ad esempio, nel caso si debbano valutare i rischi potenziali a seguito di un incidente in una attività industriale. In questo caso è possibile predeterminare per ciascuna sostanza in gioco l'Indice Intrinseco di Tossicità per Esposizione Personale Diretta e Ambientale (IIT-EPDA), come valore caratteristico della sostanza stessa. Sarà poi sufficiente moltiplicare questo Indice per il coefficiente Q, specifico dell'attività industriale particolare, per avere l'Indice di rischio ponderato per ciascuna sostanza (IR-EPDA). Infine, sarà possibile calcolare l'Indice di rischio complessivo dell'attività industriale dalla sommatoria dei valori di IR-EPDA di tutte le sostanze ivi coinvolte.

In tal caso, l'espressione utilizzata è la seguente:

$$\text{IR-EPDA} = (\text{PCF} + \text{PT} + \text{PET}) \cdot (\text{Q} \cdot \text{BC}) \cdot (\text{PED} + (\text{DA} \cdot \text{P}) \cdot \text{PR}$$

dove

IR-EPDA = indice di rischio per esposizione personale diretta e ambientale

PR = coefficiente attribuito per la dimensione della popolazione esposta al rischio

e tutte le altre simbologie hanno i significati già indicati.

Utilizzando le espressioni definite nel metodo, tutti gli Indici di rischio, generale o specifici, vengono espressi in forma percentuale, facendo uguale a 100 il rispettivo rischio massimo che si avrebbe se tutti gli elementi che figurano nell'espressione ricevessero il coefficiente massimo previsto dal metodo per ciascuno di essi.

Dovendo valutare il rischio di tossicità complessivo di un'attività industriale, ovviamente si deve tener conto di tutte le sostanze presenti o potenzialmente presenti.

Il rischio di tossicità complessivo (IR-EPDA compl.) sarà la risultante della sommatoria dei rischi parziali determinati dalle singole sostanze che vi contribuiscono, ~~eve non siano prevedibili~~ rischi maggiori dovuti a interazione delle sostanze co-presenti.

Pertanto la formula da utilizzare sarà:

$$\text{IR-EPDA compl.} = \sum_n (\text{IR-EPDA} \cdot \text{Q})$$

Ovviamente, tale metodo ha bisogno di un sistema di attribuzione dei coefficienti ponderati per ciascun parametro che interviene nelle formule citate.

Nella Tabella 1 vengono riportati i coefficienti definiti per ciascuna proprietà chimico-fisica, tossicologica, ecotossicologica, nonché per tutti gli altri parametri coinvolti. L'attribuzione dei coefficienti può essere effettuata, in base al metodo definito, sia in presenza di dati reali, sia, in loro mancanza, in base a criteri alternativi che consentono in ogni caso la scelta del coefficiente appropriato. Per quanto riguarda l'attribuzione dei coefficienti relativi ai parametri moltiplicativi alcune osservazioni sono riportate nell'Allegato 1.

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Quanto qui sinteticamente esposto, sostanzialmente a scopo esemplificativo, mette in evidenza che una valutazione dei rischi non può essere basata soltanto sulle proprietà intrinseche di una sostanza chimica. Purtroppo questo tipo di valutazione qualitativa e assai limitativa è tutto ciò che anche in sede internazionale si riesce ad esprimere.

La CEE da oltre vent'anni provvede alla classificazione di pericolo delle sostanze chimiche (Allegato I della direttiva 67/548) e ad oggi circa 1200 sostanze sono state ufficialmente classificate e attribuite ad una o più delle 14 categorie di rischio come "Altamente tossiche", "Tossiche", "Nocive", "Irritanti", "Corrosive", "Esplosive", "Infiammabili", "Cancerogene", "Mutagene", "Teratogene", "Pericolose per l'ambiente" ecc., ma ancora una volta questa classificazione è basata esclusivamente sulle proprietà intrinseche. Altrettanto può dirsi di altre classificazioni internazionali esistenti, ad esempio, nell'ambito dei trasporti. Le stesse valutazioni date dall'Agenzia Internazionale di Ricerche sul Cancro (IARC), di grande autorevolezza e valore, non possono andare oltre i limiti caratteristici delle sole proprietà tossicologiche.

Indubbiamente una valutazione appropriata delle proprietà intrinseche costituisce già un notevole risultato, che coinvolge competenze altamente specializzate e che ha la funzione di identificare la maggiore o minore pericolosità intrinseca della sostanza. Ma non è ancora una valutazione dei rischi. L'ulteriore progresso verso una vera valutazione dei rischi passa attraverso tutti i possibili contributi scientifici in sede internazionale e attraverso il loro confronto.

Non può più sussistere il chimico che fa il suo lavoro analitico indipendentemente dal tossicologo che valuta le proprietà intrinseche e questi ancora indipendentemente da un confronto, da una valutazione di insieme che coinvolga tutti i parametri concorrenti alla potenzialità, se non reale, almeno per quanto possibile probabile del rischio. Questo lavoro di sintesi è il più razionale, il più concreto, quello che di più e meglio può contribuire anzitutto alla prevenzione.

Tabella 1. COEFFICIENTI DA ATTRIBUIRE A CIASCUN PARAMETRO, IN PRESENZA DI DATI DISPONIBILI O SULLA BASE DI CRITERI ALTERNATIVI (Applicazione al caso delle attività industriali di alto rischio - DPR n. 175/1988)

A - PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE (PCF)				
	Su dati disponibili	Coefficienti	Su criteri alternativi	Coefficienti
Peso molecolare	> 10000	0	Polimero Nota solo famiglia chim.	0
	500 - 10000	1		2
	< 500	2		
Punto di fusione	> 150 C	0	Analogia comp. simili >200 C Analogia comp. simili 100-200 Analogia comp. simili <100 C	0
	50 - 150 C	1		1
	< 50 C	2		2
Punto ebollizione	> 150 C	0	P.fus. >100 C Tens.vap. <10 Pa Tens.vap. 10- 500 Pa Tens.vap. >500 Pa P.fus. e tens. vap.ignoti	0
	50 - 150 C	1		0
	< 50 C	2		1
				2
Densità relativa - solidi e liquidi (D 20/4)	> 1,5	0	Analogia comp. simili > 2 Analogia comp. simili tra 1-2 Analogia comp. simili < 1	0
	0,8-1,5	1		1
	< 0,8	2		2
- gas (rispetto all'aria)	< 0,9	0	Analogia comp. simili < 0,8 Analogia comp. simili 0,8-1,2 Analogia comp. simili >1,2	0
	0,9-1,1	1		1
	> 1,1	2		2
Tensione di vapore a 20 C (in Pa)	< 10	0	P.eb. >300 C P.eb. 100-300 C P.eb. <100 C P.fus. >150 C P.fus. e P.eb. ignoti	0
	10-500	1		1
	> 500	2		2
				0
Tensione superficiale (mN/m)	> 65	0	Idrosol. <0,01 g/l Presenti radicali idrofili Presenti radic. lipofili Pres. radic. idrof.+lipofili	0
	50-65	1		1
	< 50	2		1
Idrosolubilità (g/l)	< 0,01	0	Assenti radic. idrofili Presenti radic. idrofili Miscibile con acqua	1
	0,01-1	1		2
	1-100	2		3
	> 100	3		
Liposolubilità (g/l)	< 0,01	0	Assenti radic. lipofili Presente struttura lipofila Molto solubile in solv. organici (cloroformio)	1
	0,01-1	1		2
	1-100	2		3
	> 100	3		
Infiammabilità (ai sensi della direttiva CEE/87/548)	Gas, liquido, solido non infiammabile	0	Da struttura e stato fisico si può ritenere non infiamm. Da struttura e stato fisico si può ritenere potenzialmente infiammabile Da struttura e stato fisico si può ritenere molto infiamm.	0
	Liquido infiammabile	1		2
	Solido infiammabile	2		2
	Liquido facilmente infi- ammabile	2		3
	Gas o liquido estrema- mente infiammabile Autoinfiammabilità	3 3		
Proprietà esplosive (ai sensi della direttiva)	Non esplosivo (urto, frizione, fiamma)	0	Da struttura, ritenuta non esplosiva Da struttura, ritenuta poten- zialmente esplosiva Da struttura, ritenuta facil- mente esplosiva	0
	Esplosivo (urto/ frizione/fiamma)	2		1
				2
Proprietà ossidanti (ai sensi della direttiva)	Non ossidante	0	Da struttura, ritenuta non ossidante Da struttura, ritenuta poten- zialmente ossidante Da struttura, potenzialmente molto ossidante	0
	Debolmente ossidante	1		1
	Ossidante	2		2

Tabella 1 (segue)

B - PROPRIETA' TOSSICOLOGICHE (PT)				
	Su dati disponibili	Coefficienti	Su criteri alternativi	Coefficienti
Tossicità acuta (ai sensi della direttiva) (DL50 or., CL50 inal., DL50 cut.)	Non pericolosa	0	Da struttura (v. Appendice):	
	Nociva	1	- è possibile escludere tossicità acuta per le tre vie	0
	Tossica	3	- sospetto generico di tossicità	1
	Molto tossica	5	- sospetto di effetti acuti non letali	3
			- sospetto di effetti letali	5
Irritazione/corrosione cutanea (eritema e/edema) e/o irritazione/corrosione oculare (cornea, iride, congiuntiva), ai sensi della Guida CEE per l'etichettatura	Negativa	0	Da struttura (v. Appendice):	
	Irritante per la pelle (>=2)	1	- è possibile escludere potere irritante	0
	Corrosivo per la pelle entro 4 ore	2	- indicazioni generiche di potere irritante	1
	Irritante per gli occhi	2	- indicazioni evidenti di potere irritante	2
	Corrosivo per la pelle entro 3 minuti	3	- indicazioni evidenti di potere corrosivo	3
Potere sensibilizzante, ai sensi della Guida	Negativa	0	Da struttura (v. Appendice):	
	Positiva per via cutanea	1	- è possibile escludere sensibilizzazione	0
	Positiva per inalazione	2	- informazioni non disponibili	0,5
			- indicazioni generiche di sensibilizzazione	1
			- indicazioni specifiche di sensibilizzazione	2
Tossicità subacuta, subcronica, cronica	NOEL orale >1000 mg/kg e/o inal. >10 mg/l e/o cut. >1000 mg/kg	0	- Secondo la gravità degli effetti, in base a struttura (v. Appendice)	1-5
	NOEL or. 100-1000 mg/kg e/o inal. 1-10 mg/l e/o cut. 200-1000 mg/kg	1		
	NOEL or. 10-100 mg/kg e/o inal. 0,25-1 mg/l e/o cut. 25-200 mg/kg	3		
	NOEL or. <10 mg/kg e/o inal. <0,25 mg/l e/o cut. <25 mg/kg	5		
Mutagenesi, ai sensi della Guida	Provato non mutageno	0	Dati non significativi o mancanti	2
	Classificabile in Cat.3	2	Da struttura:	
	Classificabile in Cat.2	6	- indicazioni di dubbia attività mutagena	6
	Classificabile in Cat.1	10	- indicazioni evidenti di attività mutagena	10
Potere cancerogeno, ai sensi della Guida	Provato non cancerogeno	0	Dati non significativi o mancanti	2
	Classificabile in Cat.3	5	Da struttura:	
	Classificabile in Cat.2	10	- indicazioni generiche di attività cancerogena	5
	Classificabile in Cat.1	15	- indicazioni di attività cancerogena	10
			- indicazioni evidenti di attività cancerogena	15
Effetti sulla riproduzione, inclusi effetti teratogeni, ai sensi della Guida	Provato esente da effetti	0	Dati non significativi o mancanti	2
	Classificabile in Cat.3	2	Da struttura:	
	Classificabile in Cat.2	5	- indicazioni di possibili effetti	5
	Classificabile in Cat.1	10	- indicazioni evidenti di possibili effetti	10

Tabella I (segue)

C - PROPRIETA' ECOTOSSICOLOGICHE					
	Su dati disponibili	Coefficienti	Su criteri alternativi	Coefficienti	
Tossicità acuta su pesce	CL50 > 1000 mg/l	0	Idrosolubilità < 0,01 g/l	0	
	CL50 100-1000 mg/l	1	Idrosolubilità 0,01-1 g/l, ma rapida degradabilità	0,5	
	CL50 10-100 mg/l	3	Idrosolubilità 0,01-1 g/l, ma non rapida degradabilità		
	CL50 < 10 mg/l	5	Idrosolubilità > 1 g/l, ma rapida degradabilità		
			Idrosolubilità > 1 g/l, ma non rapida degradabilità		
		Idrosolubilità > 1 g/l, ma non rapida degradabilità			
Tossicità acuta su Daphnia	CE50 > 1000 mg/l	0	Idrosolubilità < 0,01 g/l	0	
	CE50 100-1000 mg/l	1	Idrosolubilità 0,01-1 g/l, ma rapida degradabilità	0,5	
	CE50 10-100 mg/l	3	Idrosolubilità 0,01-1 g/l, ma non rapida degradabilità		
	CE50 < 10 mg/l	5	Idrosolubilità > 1 g/l, ma rapida degradabilità		
			Idrosolubilità > 1 g/l, ma non rapida degradabilità		
		Idrosolubilità > 1 g/l, ma non rapida degradabilità			
Tossicità acuta su uccelli	DL50 or. > 1000 mg/kg	0	Diffusione localizzata e rapida degradazione	0,5	
	DL50 or. 100- 1000 mg/kg	1	Diffusione localizzata e rapida degradazione		
	DL50 or. 10- 100 mg/kg	3	Diffusione ampia, ma rapida degradazione		
	DL50 or. < 10 mg/kg	3	Diffusione ampia, ma non rapida degradazione		
			Diffusione generalizzata ma rapida degradazione		
		Diffusione generalizzata ma non rapida degradazione			
Tossicità per piante superiori	Non fitotossico	0	Sostanza con rapida degradazione/ dispersione	0,5	
	Fitotossico selettivo	1	Sostanza persistente:		
	Debolmente fitotossico	3	-con idrosolubilità/liposolubilità < 0,01 g/l		1
	Generalmente fitotossico	5	-con idrosolubilità/liposolubilità 0,01-1 g/l		3
			-con idrosolubilità/liposolubilità > 1 g/l		5
Effetti sulle alghe (inibizione o accrescimento)	Provato senza effetti	0	Idrosolubilità > 0,01 g/l	0	
	Debole alterazione, positiva o negativa	3	Idrosolubilità 0,01-1 g/l, ma rapida degradazione	1	
	Forte alterazione, positiva o negativa	5	Idrosolubilità 0,01-1 g/l, ma non rapida degradazione	3	
			Idrosolubilità > 1 g/l, ma rapida degradazione	2	
			Idrosolubilità > 1 g/l, ma non rapida degradazione	5	

C - PARAMETRI MOLTIPLICATIVI	
QUANTITA'	
- inferiore alla soglia:	
- 1/10	0,1
- 2/10	0,2
- 3/10	0,3
- 4/10	0,4
- 5/10	0,5
- 6/10	0,6
- 7/10	0,7
- 8/10	0,8
- 9/10	0,9
- pari alla soglia	1,0
- tra 1 e 10 volte la soglia	1,5
- tra 10 e 100 volte la soglia	2,0
- tra 100 e 1000 volte la soglia	2,5
- oltre 1000 volte la soglia	3,0

Tabella 1 (Segue)

QUANTITA'	Coefficienti	Su criteri alternativi	Coefficienti
- Personale: (via alimenti, acqua, prodotti di uso personale)			
- generalizzata	1,0		
- occasionale	0,5		
- assente	0		
- Domestica: (contaminazione delle abitazioni)			
- generalizzata	1,0		
- occasionale	0,5		
- assente	0		
- Professionale: (contaminazione ambienti di lavoro)			
- generalizzata	1,0		
- occasionale	0,5		
- assente	0		
<b>DIFFUSIONE AMBIENTALE</b>			
- Generalizzata su vasta area	2,0		
- localizzata ma dotata di mobilità	1,0		
- localizzata a piccole zone, puntiforme	0,5		
<b>PERSISTENZA</b>			
- Degradabilità biotica in 5 giorni BOD/ThOD > 90% e/o abiotica T/2 < 1 h	0,5	Da struttura, ritenuta altamente reattiva	0,5
- BOD/ThOD 60-90% e/o T/2 1-24 h	1	Da struttura, ritenuta facilmente degradabile	1
- BOD/ThOD 30-60% e/o T/2 24 h - 1 mese	1,5	Da struttura, ritenuta lentamente degradabile	1,5
- BOD/ThOD < 30% e/o T/2 > 1 mese	2	Da struttura, ritenuta persistente	2
<b>BIOCONCENTRAZIONE</b>			
- Coefficiente di ripartizione n.ottanolo/ acqua:		Liposolubilità < 0,01 g/l	0,5
- Log P < 0	0,5	Liposolubilità 0,01-1 g/l	1
- Log P 0-3	1	Liposolubilità > 1 g/l (Il coefficiente può essere calcolato dal rapporto di solubilità solvente/acqua)	1,5
- Log P > 3	1,5		
<b>DIMENSIONI DELLA POPOLAZIONE POTENZIALMENTE ESPOSTA A RISCHIO</b>			
- inferiore a 1000 persone	0,5		
- tra 1000 e 10.000 persone	1,0		
- tra 10.000 e 100.000 persone	1,5		
- oltre 100.000 persone	2,0		

## Appendice

### INDICAZIONI SU ALCUNE POSSIBILI RELAZIONI STRUTTURA/ATTIVITA'

#### EFFETTI CORROSIVI/IRRITANTI

Acetali e aldeidi  
 Alogenuri (RCOX)  
 Amine alifatiche e aromatiche  
 Anidridi  
 Composti del boro  
 Acidi carbossilici  
 Diossani  
 Amine aloalifatiche  
 Esteri aloformici (XCOOR)  
 Idrocarburi alifatici alogenati  
 Pirroli e pirrolidine  
 Piridine  
 Morfoline  
 Chinoline  
 Idrocarburi alifatici e aromatici  
 Idrazine  
 Aril-solfati  
 Solfuri e disolfuri  
 Acidi e alcali inorganici

#### SENSIBILIZZAZIONE

Aldeidi aromatiche  
 Isocianati  
 Alchil-solfati  
 Metalli e loro ossidi (in polvere)

#### EFFETTI A SEGUITO DI ESPOSIZIONE RIPETUTA O PROLUNGATA

##### Neurotossicità:

Alcoli alifatici saturi  
 Amine alifatiche e aromatiche  
 Composti del boro  
 Carbamati  
 Diossani  
 Eteri alifatici  
 Glicoli e glico-eteri  
 Idrocarburi alifatici, aromatici, aliciclici alogenati

**Appendice (segue)****Piridine****Chetoni C6 e precursori del 2,5-esandione****Nitrili****Fenoli****Organofosfati****Steroidi****Solfuri e disolfuri****Uretani****Danni epatici:****Alcoli alifatici a basso peso molecolare****Amine aromatiche****Diossani****Glicoli e glicol-eteri****Idrocarburi alifatici e aromatici alogenati****Idrazine****N-Nitrosoamine****Danni polmonari:****Isocianati****Fenoli****Solfuri e disolfuri****Danni renali:****Amine aromatiche****Carbamati****Diossani****Glicoli e glicol-eteri****Idrocarburi non saturi alifatici alogenati****Triazine****Danni ematici e al midollo osseo:****Amine aromatiche****Azo e Zossi composti****Glicoli e glicol-eteri****Idrocarburi aromatici monociclici e policiclici****Idrossilamine****Idrazine****Nitrili****Composti nitroaromatici**

Appendice (segue)

Danni al sistema immunologico:

Carbamati

Idrocarburi non saturi alifatici, aromatici, aliciclici alogenati

Steroidi

**MUTAGENESI**

Acetali e aldeidi

Carbamoil alogenuri

Amine aromatiche

Aziridine

~~Amine aloalifatiche~~

Idrocarburi alifatici alogenati

Idrocarburi aliciclici alogenati

Aloeteri

Chinoline

Ftalimidi

Lattoni

~~N-Nitrosoamine~~

Composti nitroaromatici

Chinoni

Alchil-solfati

Alchilsolfonati

Cloroalchilsolfuri

**CANCEROGENESI**

Acetali e aldeidi

Carbamoil alogenuri

Alcooli insaturi alifatici (dopo metabolismo ad epossidi)

Amine e azossi composti

Aziridine

Carbamati

Amine aloalifatiche

Idrocarburi alogenati

Aloeteri

Chinoline

Acridine

Fenantridine

Idrocarburi aromatici monociclici e policiclici

Idrossilamine

LattoniN-Nitrosoamine

Composti nitro-aromatici

**Appendice (segue)****Chinoni****Alchil-solfati****Alchil-solfonati****Cloroalchilsofuri****Uretani****Metalli e loro ossidi****EFFETTI SULLA RIPRODUZIONE INCLUSI QUELLI TERATOGENI****Alcooli alifatici****Aziridine****Glicoli e glicol-eteri****Idrocarburi alifatici e aliciclici alogenati****Fenoli clorurati****Steroidi****Solfuri e disolfuri****Fetotossicità:****Acetali e aldeidi****Carbamoil alogenuri****Alcooli alifatici saturi****Aziridine****Carbamati****Amine aloalifatiche****Ftalimidi****Composti nitroaromatici****Steroidi****Uretani**

## ALLEGATO I

Nota: Osservazioni sull'attribuzione dei coefficienti relativi ai parametri moltiplicativi.

Allo scopo di minimizzare le possibilità di interpretazioni soggettive di talune condizioni indicate per l'attribuzione degli appropriati coefficienti relativi ad alcuni parametri moltiplicativi, si ritiene opportuno presentare le seguenti osservazioni.

### 1. QUANTITA'

E' la quantità massima che l'attività industriale comporta o può comportare. Si assume come riferimento:

- ai fini della NOTIFICA, la soglia riportata negli Allegati II e III del DPR n. 175
- ai fini della DICHIARAZIONE
  - per le sostanze incluse negli Allegati II e III, una soglia pari a 1/10 della soglia indicata negli Allegati stessi
  - per le sostanze non incluse nei due Allegati
    - se classificate come "altamente tossiche", la soglia di 100 kg
    - se classificate come "tossiche", la soglia di 1000 kg.

Per sostanze caratterizzate da rischi particolari (ad es., cancerogeno), la soglia che verrà indicata individualmente.

### 2. PLURALITA' DI ESPOSIZIONE

- a) **PERSONALE:** Questo tipo di esposizione riguarda l'eventuale assorbimento attraverso alimenti, acqua, prodotti di uso personale contaminati a seguito di incidente.

In particolare, si può immaginare una contaminazione generalizzata nei casi di sostanze facilmente dispersibili (liquidi, solidi finemente suddivisi, gas), che sono tuttavia caratterizzate da persistenza e buona idrosolubilità e/o liposolubilità. In altri termini, si può immaginare una contaminazione generalizzata nel caso di sostanze che possano, per le citate caratteristiche, determinare una contaminazione non fugace degli alimenti, delle acque, dei prodotti di uso personale. Nel caso di gas, ciò può verificarsi in genere per gas pesanti che ricadono e persistono al suolo. Diversamente, si dovrebbe presumere una contaminazione occasionale.

- b) **DOMESTICA:** si intende con questo termine la potenziale contaminazione di luoghi di abitazione, di uso civile, sociale e ricreativo. Anche questo tipo di esposizione, prescindendo inevitabilmente dalle circostanze proprie del particolare incidente, è riferibile alle caratteristiche della sostanza. Si riterrà quindi possibile una potenziale

contaminazione generalizzata nei casi di sostanze persistenti, tali da richiedere successive opere di bonifica, cioè non facilmente eliminabili, ad esempio con aerazione degli ambienti (come sarebbe nel caso di sostanze facilmente volatili). Diversamente, si dovrebbe pensare a contaminazione occasionale.

- c) PROFESSIONALE: Il riferimento è rivolto, ovviamente, all'ambiente di lavoro (valgono anche qui considerazioni analoghe a quelle esposte al punto b).

### 3. DIFFUSIONE AMBIENTALE

La possibilità che si realizzi una contaminazione generalizzata su una vasta area è correlata anzitutto alla quantità in gioco, che tuttavia trova separata e specifica valutazione. In questo parametro si considera il tipo di diffusione che è piuttosto legata alle caratteristiche della sostanza. La diffusione sarà quindi tanto maggiore, quanto più la sostanza ha caratteristiche che la favoriscono, come lo stato gassoso o lo stato liquido associato a basso punto di ebollizione, o lo stato solido associato a bassissime dimensioni delle particelle.

Invece, sostanze pesanti tenderanno a ricadere al suolo in prossimità del punto di emissione, determinando una diffusione localizzata, circoscrivibile in zone relativamente ristrette.

Va pure considerato il caso di contaminazioni di per sé circoscritte che tuttavia, per effetto di idrosolubilità, possono estendersi o comunque determinare contaminazioni secondarie.

### 4. PERSISTENZA

Questo parametro è legato a condizioni sufficientemente chiare, descritte da dati sperimentali o da non difficili analogie strutturali.

### 5. BIOCONCENTRAZIONE

Vale quanto detto al punto 4.

### 6. DIMENSIONI DELLA POPOLAZIONE POTENZIALMENTE ESPOSTA AL RISCHIO

Dal dossier di notifica deve risultare la dimensione della popolazione che è presente nell'area potenzialmente interessata da un eventuale incidente. Questo parametro è quindi correlato a tale dato numerico.

**BASE DI DATI NATURALISTICO-ECOLOGICI  
NECESSARI ALLA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE**

**M. Belvisi, L. Onori, L. Tomarchio**

**ENEA - DISP**

**Comitato Nazionale per la Ricerca e lo Sviluppo  
dell'Energia Nucleare e delle Energie Alternative  
Direzione Sicurezza Nucleare e Protezione Sanitaria  
Divisione Siti e Controlli ambientali**

**Roma**

**RIASSUNTO**

Nel presente lavoro vengono indicati dati e parametri ecologico-naturalistici utili negli Studi di Impatto Ambientale (SIA) per la presentazione della "condizione di riferimento iniziale" e per la fase d'individuazione ed analisi degli effetti. Le informazioni da reperire, in base ad una visione unitaria e globale dell'ambiente, devono tener conto sia degli aspetti propriamente "naturali" dell'ambiente (Vegetazione, Flora e Fauna, Ecosistemi naturali e particolari, ecc.), che di quelli legati all'azione antropica (Agroecosistemi e Sistemi forestali). Infatti, le risposte di un territorio a specifiche perturbazioni, in termini di disequilibri o di dinamiche, prescindono dagli aspetti spontanei o culturali.

Tali informazioni, oltre all'identificazione delle emergenze ecologico-naturalistiche più significative ed al successivo apprezzamento della "qualità ambientale iniziale", devono consentire stime sulla criticità degli equilibri di sopravvivenza delle diverse specie e sulle tendenze evolutive in assenza della realizzazione dell'opera.

**INTRODUZIONE**

Studi e ricerche sulla Valutazione d'Impatto Ambientale e, più in generale, sulle problematiche ambientali connesse alla realizzazione degli impianti energetici in Italia sono stati da tempo avviati dalle Divisioni Siti e Controlli ambientali e Modelli ed Uso del territorio dell'ENEA DISP (1)(2)(3)(4).

L'esperienza maturata in tale campo ha consentito di fornire al Ministero dell'Ambiente contributi all'elaborazione delle "linee guida", che dovranno essere emanate, da quest'ultimo, al fine di assicurare "criteri omogenei e predeterminati" per la predisposizione e la presentazione degli Studi d'Impatto nel nostro Paese. Tali "linee guida", strutturate in più parti sulla base di uno schema generale elaborato dallo stesso Ministero, prevedono, tra l'altro, che il SIA venga condotto all'interno di tre distinti quadri di riferimento: progettuale, programmatico ed ambientale.

Quest'ultimo dovrà tener conto delle componenti naturalistiche ed antropiche e dei fattori in cui è stato suddiviso l'ambiente, nonché delle relazioni tra queste ed il sistema ambientale preso nella sua globalità.

In particolare, nel presente lavoro, per le Componenti "Vegetazione, flora, fauna" ed "Ecosistemi" sono state individuate e definite, con il contributo di altri esperti di settore (\*), le basi di dati, i parametri e le informazioni ecologico-naturalistiche ritenute utili per la caratterizzazione dello stato di qualità delle componenti stesse. La realizzazione di tale aspetto è compiuta attraverso lo studio della "situazione presente" (condizione di riferimento iniziale), l'individuazione delle tendenze evolutive dell'area interessata in assenza dell'opera e di quella prevedibile in funzione della realizzazione di quest'ultima.

Inoltre, è stato utilizzato un lessico (\*\*\*) elaborato dalle suddette Divisioni, in linea con la terminologia adottata dal Ministero.

### **STUDIO DELLA CONDIZIONE DI RIFERIMENTO INIZIALE**

#### **Criteri generali (ambiente naturale ed antropico)**

Nella redazione del SIA, lo studio della condizione di riferimento iniziale comprende l'individuazione e la descrizione delle componenti ambientali interessate dall'opera proposta, la caratterizzazione dei livelli di qualità in assenza della stessa, nonché la definizione dello stato pregresso. Deve, pertanto, essere acquisito un quantitativo ottimale di informazioni attraverso analisi bibliografiche, uso di carte tematiche e/o inventari, consultazione di banche dati o di sistemi informativi specifici, interpretazione di foto aeree o immagini da satellite (ove necessario e possibile), inchieste presso Enti ed Esperti locali, indagini "ad hoc" o il recupero di serie storiche e/o di risultati derivati da indagini già effettuate per altri scopi sull'ambito territoriale interessato dall'opera, ecc.

Le informazioni e le basi di dati vanno reperite secondo un'ottica complessiva multidisciplinare, una volta stabiliti il grado di valutazione richiesto ed il livello di approfondimento conoscitivo desiderato sullo stato e sul funzionamento dei meccanismi ambientali. A tal fine si deve tenere in considerazione:

- la tipologia dell'opera proposta;
- le diverse fasi di realizzazione (costruzione, esercizio, malfunzionamento ed eventi eccezionali, fine esercizio);
- l'ambito territoriale, potenzialmente interressato da effetti significativi, sia in maniera diretta, che indiretta;
- la metodologia da utilizzare.

L'appropriata scelta dei "dati ambientali" inoltre, deve risultare idonea per la stima della situazione pregressa e futura tendenziale in assenza dell'intervento stesso, nonché per le successive fasi tecniche di previsione, qualificazione e quantificazione degli effetti.

I dati e le informazioni così ottenuti possono inoltre essere utilizzati per l'individuazione delle eventuali misure compensative e/o mitigazioni tecniche da realizzare, per la minimizzazione di effetti negativi residui e per la definizione dei parametri ambientali oggetto di monitoraggio durante e dopo la realizzazione dell'intervento proposto. Nella redazione del SIA, relativamente agli aspetti naturalistico-ecologici, è opportuno, per comodità di trattazione, suddividere le Componenti "Vegetazione, flora, fauna" ed "Ecosistemi" in due sottoinsiemi, sia per quanto riguarda la raccolta delle informazioni, che la loro successiva analisi. Tali sottoinsiemi sono:

- l'ambiente naturale
- l'ambiente antropico.

L'ambiente naturale comprende la caratterizzazione degli ecosistemi naturali (aspetti floristico-vegetazionali, faunistici ed ecologici).

L'ambiente antropico, a sua volta, comprende la caratterizzazione degli agroecosistemi e dei sistemi forestali (colture agricole in campo e protette, silvicoltura, allevamenti zootecnici, ecc.). Infatti, l'analisi della condizione di riferimento iniziale va estesa anche ai sistemi biologici governati dall'uomo e non deve limitarsi ai soli sistemi naturali, dato che la risposta a specifiche perturbazioni, in termini di disequilibri o di dinamiche (evoluzioni di situazioni), prescinde dagli aspetti spontanei o colturali. Le eventuali ricadute in termini economici e sociali, che possono verificarsi, vanno comunque prese in considerazione in altre parti del SIA, per gli evidenti riflessi sul piano sociale, economico, commerciale e sanitario.

Specificata attenzione deve essere rivolta all'analisi degli "ecosistemi particolari", presenti, sia nell'ambiente naturale che in quello antropico, considerata la loro alta vulnerabilità e/o il ruolo "critico" svolto nel trasporto, accumulo e trasferimento di contaminanti ad altre specie e all'uomo. Tali ecosistemi comprendono le aree dichiarate ad alto rischio di crisi ambientale (5), gli ecosistemi critici quali gli ecotoni definiti come zone di transizione e quindi d'interfaccia, gli habitat critici, ecc.

L'analisi delle biocenosi animali e vegetali e delle relazioni tra queste e l'uso del territorio, deve prendere in considerazione non solo la condizione ambientale iniziale del sito interessato dall'opera, ma anche le caratteristiche dello stato di qualità, dell'ambito territoriale potenzialmente coinvolto in termini spaziali e temporali. La delimitazione spaziale dell'ambito territoriale è strettamente correlata al tipo d'intervento (puntuale: insediamenti residenziali o produttivi, impianti industriali od energetici, ecc.; lineare: infrastrutture di trasporto, oleodotti, ecc.; areale: azioni di bonifica o di risanamento, ecc.) e deve essere estesa fin dove gli eventuali effetti risultino significativi o rilevabili, a breve e lungo termine. Il rispetto degli standard nazionali e/o comunitari previsti dalla normativa vigente, relativa anche ad altre Componenti del SIA (aria, acqua, ecc.), può costituire un riferimento iniziale per una delimitazione minimale. E' bene sottolineare però che, in un'ottica preventiva di protezione dell'uomo e dell'ambiente, è opportuno mantenersi al di sotto degli standard per il

contenimento e/o la minimizzazione degli effetti. Tale obiettivo può essere ragionevolmente ottenuto utilizzando la migliore tecnologia disponibile al momento e facendo luogo a considerazioni economiche e sociali.

La definizione temporale deve tener conto della tipologia e della vita del progetto, sia in termini di realizzazione, che di esercizio e fine-esercizio. Le basi di dati e le informazioni da reperire devono consentire una descrizione dei sistemi biotici ed abiotici e degli ecosistemi naturali ed antropici, la definizione della loro struttura ecologica in termini di rete di relazioni che si vengono a stabilire tra questi sistemi, onde formulare un giudizio sul loro grado di "qualità iniziale e potenziale" prima della realizzazione dell'opera. La "sensibilità" dell'ecosistema o degli ecosistemi eventualmente implicati, nei confronti della prevedibile incidenza delle azioni progettuali, può essere conosciuta attraverso lo studio:

- dello stato dei sistemi biotici ed abiotici;
- della criticità degli equilibri di sopravvivenza delle specie significative;
- della struttura degli ecosistemi naturali e antropici;
- dei processi e dei meccanismi che ne regolano il funzionamento;
- della loro condizione di criticità o di equilibrio;
- della loro potenziale suscettibilità nei confronti degli effetti derivanti dall'opera proposta;
- del loro valore come risorsa "naturale";
- della loro importanza, dal punto di vista dell'utilizzazione antropica.

Le analisi, beninteso, andranno condotte con esclusivo riferimento a quegli elementi floristico-vegetazionali e faunistici degli ecosistemi naturali ed antropici che si prevede saranno interessate dal progetto, nelle sue diverse fasi, con particolare attenzione alle specie più "significative". Una specie va intesa come "significativa" se ricorre per essa una delle seguenti condizioni:

- la specie è rara o in estinzione;
- la specie, con la sua presenza ed attività, influenza l'esistenza o il benessere di altre specie giudicate "significative" o influisce criticamente sull'equilibrio degli ecosistemi, occupando una particolare nicchia ecologica o rappresentando un anello critico nella struttura delle reti trofiche locali;
- la specie è particolarmente "vulnerabile" in rapporto alle fonti di danno potenziale;
- la specie risulta idonea per essere utilizzata quale indicatore di eventuali stress ambientali, anche prima che questi producano un effetto sulle altre specie;

- la specie ha importanza localmente per la sua abbondanza;
- la specie è di elevato valore economico o ricreativo o culturale.

In caso di accertata presenza di specie "significative", in relazione alle possibili cause di alterazione ed agli effetti indotti dalla realizzazione dell'opera, vanno individuate ed indicate le principali reazioni eterotipiche (competizione, parassitismo, predazione, ecc.), nonché gli elementi di sensibilità, in relazione ai parametri ambientali e mesologici contenuti in altre parti dello studio di VIA. Tutte le informazioni ottenute devono evidenziare le emergenze ecologico-naturalistiche più significative e gli eventuali fenomeni di degrado nei confronti di occasioni di nocività ripetute o croniche. In questo caso deve altresì essere definito il "grado di elasticità" (o meglio di "resilienza") degli ecosistemi, delle popolazioni o delle singole specie, intesa come capacità di recupero del grado di qualità iniziale, al cessare delle cause d'alterazione (attività o azioni) introdotte dall'uomo.

**Base di dati da reperire sulla flora, sulla vegetazione e fauna e sugli ecosistemi (in ambiente naturale)**

Per un'analisi della condizione di riferimento iniziale dell'ambiente naturale è innanzitutto necessario rilevare dati ed informazioni relativi ai parametri mesologici di base dei biotopi terrestri o acquatici, quali le caratteristiche climatologiche dell'area, e quelle chimiche, fisiche e biologiche dei terreni e delle acque (Fattori Abiotici - v. Tabella 1). A tal fine, può risultare conveniente utilizzare dati e/o parametri chimico-fisici presenti in altre parti del SIA e relativi ad altre Componenti, i cui riferimenti devono essere individuati e chiaramente esplicitati attraverso l'esatta indicazione del capitolo, paragrafo, pagina, tabella o figura in cui sono contenuti, o eventualmente riportati e riorganizzati.

Risulta altresì necessario descrivere gli aspetti strutturali e funzionali della componente biotica a livello di specie, di popolazioni e di comunità, al fine di individuare le loro modalità ottimali di crescita, di sviluppo e di riproduzione, per la definizione dei rapporti con la stabilità dei diversi ecosistemi (Ecosistemi naturali - v. Tabelle 2 e 3).

Tabella 1. FATTORI ABIOTICI

CARATTERISTICHE DEI BIOTOPHI TERRESTRI	CARATTERISTICHE DEI BIOTOPHI ACQUATICI
<p><b>CARATTERISTICHE CLIMATOLOGICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Precipitazioni nell'area</li> <li>* Direzione del vento</li> <li>* Velocità del vento</li> <li>* Temperatura dell'aria al suolo</li> <li>* Temperatura di rugiada</li> <li>* Umidità relativa dell'aria al suolo</li> <li>* Intensità della radiazione solare globale</li> <li>* Intensità della radiazione solare diretta</li> <li>* Durata dell'insolazione</li> </ul>	<p><b>CARATTERISTICHE CHIMICHE DELL'ACQUA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* pH</li> <li>* Alcalinità</li> <li>* Durezza</li> <li>* Conducibilità</li> <li>* D.O.</li> <li>* B.O.D.</li> <li>* C.O.D.</li> <li>* Cloro</li> <li>* Ammoniaca ad azoto organico</li> <li>* Solfiti ed solfati</li> <li>* Fosforo totale</li> <li>* Tenore dei gas disciolti (Azoto, Ossigeno, Anidrite carbonica)</li> <li>* Solidi sospesi</li> <li>* Natura e distribuzione dei carichi inquinanti inorganici</li> </ul>
<p><b>CARATTERISTICHE CHIMICHE DEL TERRENO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ch</li> <li>* C.S.C.</li> <li>* A.S.</li> <li>* Solubilità</li> <li>* Sostanza organica</li> <li>* Contenuto in Anidrite carbonica</li> <li>* Contenuto in ossigeno</li> </ul>	
<p><b>CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRENO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Umidità</li> <li>* Temperatura</li> <li>* Colore</li> <li>* Trasparenza</li> </ul>	<p><b>CARATTERISTICHE FISICHE DELL'ACQUA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Temperatura</li> <li>* Dinamica idrologica</li> <li>* Torbidità</li> </ul>
<p><b>CARATTERISTICHE BIOLOGICHE DEL TERRENO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Natura e distribuzione dei microrganismi anaerobi</li> <li>* Natura e distribuzione dei microrganismi aerobi</li> <li>* Degradazione e mineralizzazione della sostanza organica</li> <li>* Composti organici</li> </ul>	<p><b>CARATTERISTICHE BIOLOGICHE DELL'ACQUA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Natura e distribuzione dei carichi inquinanti organici</li> <li>* Biomassa algale</li> <li>* Clorofilla-a</li> <li>* Agenti patogeni</li> </ul>
<p><b>CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Colore</li> <li>* Numero, tipo e spessore degli strati pedologici</li> </ul>	

Tabella 2. ECOSISTEMI NATURALI: CARATTERISTICHE  
FLORISTICO-VEGETAZIONALI

<b>CENSIMENTO FLORISTICO-VEGETAZIONALE</b>
* Determinazione tassonomica (specie, sottospecie, varietà)
* Ripartizione spaziale
* Ricchezza floristica
* Frequenza
* Abbondanza
* Costanza
* Diversità
* Rarità
<b>RILEVAMENTO DEGLI ASPETTI FISIONOMICI-STRUTTURALI</b>
* Categorie dell'uso reale del suolo
* Ubicazione
* Estensione
* Potenzialità
* Stadio successionale
* Altezza della vegetazione
* Numero degli strati
<b>ANALISI FITOSOCIOLOGICHE</b>
* Abbondanza-dominanza delle specie
* Associabilità della specie
* Spettri biologici
* Gruppi fitogeografici
* Tipi di associazione
* Ubicazione
* Estensione
* Complessi di associazione
<b>RICOSTRUZIONE DELLE SUCCESSIONI</b>
* Numero e tipo di specie presenti
* Numero e tipo di specie concorrenti
* Numero e tipo di specie estranee
* Numero e tipo delle associazioni presenti
* Diversità
<b>CENSIMENTO DEGLI ELEMENTI DI QUALITA' E SENSIBILITA'</b> (SPECIE ED ASSOCIAZIONI SIGNIFICATIVE, RARE, RELITTE, ENDEMICHE)
* Determinazione tassonomica e sintassonomica
* Ripartizione spaziale
* Frequenza
* Abbondanza
* Costanza
* Diversità

Tabella 3. ECOSISTEMI NATURALI: CARATTERISTICHE FAUNISTICHE

<p><b>CENSIMENTO FAUNISTICO (VERTEBRATI)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Determinazione tassonomica (specie, popolazioni)</li> <li>* Ripartizione spaziale</li> <li>* Ricchezza faunistica</li> <li>* Frequenze relative</li> <li>* Abbondanza</li> <li>* Diversità</li> <li>* Rarità</li> </ul>
<p><b>CARATTERIZZAZIONE DEGLI HABITAT DI ALIMENTAZIONE, DI RIPRODUZIONE E DI CRESCITA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ubicazione</li> <li>* Estensione</li> <li>* Struttura</li> </ul>
<p><b>CARATTERIZZAZIONE DEGLI AREALI DI SOSTA, DI SPOSTAMENTO E DI FLUSSO MIGRATORIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ubicazione</li> <li>* Estensione</li> <li>* Struttura</li> </ul>
<p><b>RICOSTRUZIONE DELLE SUCCESSIONI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Numero e tipo di popolazioni presenti</li> <li>* Numero e tipo di popolazioni concorrenti</li> <li>* Numero e tipo di popolazioni estranee</li> <li>* Biomasse</li> <li>* Diversità</li> </ul>
<p><b>CENSIMENTO DEGLI ELEMENTI DI QUALITA' E SENSIBILITA'</b>  <b>(SPECIE ED ASSOCIAZIONI SIGNIFICATIVE, RARE, RELITTE, ENDEMICHE)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Determinazione tassonomica e sintassonomica</li> <li>* Ripartizione spaziale</li> <li>* Frequenza</li> <li>* Abbondanza</li> <li>* Costanza</li> <li>* Diversità</li> </ul>

Laddove le informazioni esistenti siano carenti è necessario effettuare indagini conoscitive e/o rilevazioni in campo puntuali, utilizzando approcci analitici diversi e tecniche di rilevamento appropriate e diversificate in relazione al complesso azioni-ambiente da studiare ed alle biocenosi coinvolte. Ove possibile, ed in ogni caso nelle attività di monitoraggio, tali osservazioni devono essere eseguite con idonea periodicità, lungo itinerari formalizzati, in grado di rilevare situazioni d'interesse, tenendo comunque conto, nella distribuzione e/o abbondanza delle specie, della variabilità temporale (giornaliera o stagionale, connessa a fenomeni particolari, quale l'estivazione o l'ibernazione che possono alterare gli indici di presenza) o di quella spaziale, conformemente alla vastità dell'area da considerare.

La presenza/assenza di determinate specie, facilmente rilevabile da semplici osservazioni dirette, in alcuni casi, consente di formulare giudizi sulla qualità ambientale e sulla "naturalità" da un punto di vista dell'integrità delle biocenosi presenti. In questo caso, i percorsi campioni vanno scelti in modo da coprire il maggior numero possibile di situazioni ambientali presenti nell'area in oggetto, al fine di caratterizzare in termini qualitativi, quantitativi (o semi-quantitativi) i diversi popolamenti e le loro esigenze ambientali e trofiche.

Per l'identificazione delle diverse associazioni vegetali e della rispettiva composizione floristica è opportuno operare rilevamenti fitosociologici, ove possibile, sull'intera area interessata dall'intervento, oppure lungo determinati transetti, orientati secondo opportuni gradienti ecologici.

Per gli aspetti faunistici correlati agli ecosistemi terrestri, qualora la semplice osservazione diretta non dovesse consentire un'esatta determinazione, è bene fare ricorso, per quanto possibile, ad analisi non distruttive (conteggio delle tane, raccolta di cure, sterchi, resti di soggetti predati o morti per varie cause, nidi, tane, penne di muta, tracce, ecc.) e, nei casi ritenuti indispensabili, a catture temporanee, al fine di raccogliere ulteriori elementi per la caratterizzazione qualitativa dei popolamenti e per la definizione delle abitudini alimentari delle diverse specie.

La presenza dell'ittiofauna deve essere investigata negli ecosistemi sia lentiche che lotiche; in particolare, per questi ultimi un ottimo indicatore dello stato complessivo di un corso d'acqua è rappresentato dal macrobenthos presente (6), per le indicazioni che può fornire sulle capacità di recupero delle biocenosi stesse a seguito di stress (limitati come intensità e durata) e quindi di autoregolazione.

Per la descrizione e la delimitazione dei diversi areali (siti di sosta, di rifugio, di alimentazione, di crescita, di riproduzione, corridoi di transito, ecc.) ci si può limitare alla sola fauna vertebrata. Questa infatti, per la valenza ecologica e per il significato trofico svolto dalle specie costituenti, quali anelli terminali delle catene alimentari, ben si presta a rivestire il ruolo di descrittore dello stato di qualità ambientale o di eventuali tendenze e/o modificazioni in atto.

Vanno inoltre acquisiti tutti quegli elementi conoscitivi in merito a ~~problemi~~ effetti derivati dalla realizzazione dell'opera, nei confronti degli ecosistemi, ~~considerando~~ do separatamente quelli terrestri e quelli acquatici, ponendo particolare ~~attenzione~~ all'individuazione e caratterizzazione delle diverse unità ecosistemiche, alle aree ~~ad alto~~ valore ecologico, alle relazioni inter-intra specifiche, ecc. (Ecosistemi naturali - v. Tabella 4).

Nel caso di interventi in ambiti territoriali che possono comprendere ~~aree~~ dichiarate "ad alto rischio ambientale" o dove siano stati rinvenuti particolari ~~elementi~~ d'interesse (biotopi significativi, endemismi, specie rare o in via d'estinzione, ~~eccezioni~~ e riscontrati "ecosistemi critici" per il trasferimento di inquinanti o contaminanti, ~~vanno~~ reperiti ulteriori dati, come indicato nella Tabella 5 (Ecosistemi particolari).

**Base di dati da reperire sulla flora, vegetazione e fauna e sugli ecosistemi (in ambiente antropico)**

In questa sottosezione sono illustrate le basi di dati e le informazioni relative alle diverse realtà presenti negli agroecosistemi e nei sistemi forestali potenzialmente interessate dall'opera. Tali informazioni sono complementari a quelle di ~~carattere~~ socio-economiche, oggetto di altre parti del SIA, come descritto nell'introduzione.

In generale, l'identificazione e la descrizione delle colture agricole, sia in ~~campi~~ che protette, e della selvicoltura (v. Tabella 6) può essere realizzata attraverso la conoscenza delle caratteristiche agronomiche e fenologiche delle varietà coltivate, ~~delle~~ relative pratiche agronomiche, compresi i trattamenti chimici (del suolo e delle ~~colture~~ e dei sistemi irrigui utilizzati, nonché i principali tipi di patologie, la loro ~~incidenza~~ e, ove possibile, le serie storiche relative.

Per le colture protette, inoltre, deve essere esplicitato il sistema di ~~riscaldamento~~ utilizzato e l'eventuale rilascio di sostanze inquinanti nell'ambiente circostante.

In particolare, per la selvicoltura è importante conoscere anche la forma di governo, l'utilizzo e la destinazione della produzione.

Per gli allevamenti zootecnici, oltre alle indicazioni di carattere generale (parametri descrittivi) devono essere reperiti dati sulle caratteristiche fisiologiche e produttive dei diversi tipi di allevamento e sul loro fabbisogno idrico ed alimentare (Allevamenti zootecnici, ambienti confinati e piccoli allevamenti - v. Tabella 7).

Tabella 4. ECOSISTEMI NATURALI: CARATTERISTICHE ECOLOGICHE

<b>UNITA' ECOSISTEMICHE</b>
* Individuazione
* Ubicazione
* Estensione
* Struttura
<b>AREE A VALORE ECOLOGICO</b>
* Individuazione
* Ubicazione
* Estensione
* Struttura
* Indicatori di stato
<b>DETERMINAZIONE DEI LIVELLI TROFICI</b>
* Produttori primari
* Consumatori primari
* Consumatori secondari
* Predatori
* Detritivori
* Biomasse
* Piramidi ecologiche
* Indicatori di accumulo
<b>ANALISI DELLE RELAZIONI INTER-INTRASPECIFICHE</b>
* Produttività primaria
* Produttività secondaria
* Efficacia ecologica
* Rendimento ecologico di crescita
* Rendimento ecologico di produzione
* Rendimento ecologico di assimilazione
<b>RICOSTRUZIONE DELLE SUCCESSIONI ECOLOGICHE</b>
* Individuazione delle biocenosi climax
* Diversità specifica e biochimica
* Rapporto produttività lorda/respirazione
* Rapporto produttività lorda/biomassa
* Rapporto biomassa/flusso di energia

Tabella 5. ECOSISTEMI PARTICOLARI

AREE DICHIARATE AD ALTO RISCHIO DI CRISI AMBIENTALE E/O DI PARTICOLARE INTERESSE	ECOSISTEMI CRITICI
<p><b>CARATTERISTICHE SOCIOLOGICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Diversità biologica (specie, popolazione, comunità)</li> <li>* Stimoli assoluta e relativa</li> <li>* Biocenosi presenti</li> </ul> <p><b>CARATTERISTICHE DEMOGRAFICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Distribuzione per età</li> <li>* Sex ratio</li> <li>* Coefficiente di natalità</li> <li>* Coefficiente di mortalità</li> <li>* Potenziale biotico</li> <li>* Limiti di tolleranza</li> <li>* Preferenda</li> </ul> <p><b>CARATTERISTICHE SINECOLOGICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Efficienza biologica</li> <li>* Limiti di tolleranza</li> <li>* Fattori di bio-concentrazione</li> <li>* Curve di accumulo</li> </ul> <p><b>CENSIMENTO FAUNISTICO (INVERTEBRATI)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Determinazione tassonomica (specie, sottospecie, varietà)</li> <li>* Ripartizione spaziale</li> <li>* Densità</li> <li>* Frequenze relative</li> <li>* Abbondanza</li> <li>* Diversità</li> </ul>	<p><b>ECOTONI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ubicazione</li> <li>* Estensione</li> <li>* Struttura</li> </ul> <p><b>HABITAT CRITICI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ubicazione</li> <li>* Estensione</li> <li>* Struttura</li> <li>* Biocenosi presenti</li> <li>* Fattori limitati</li> </ul> <p><b>ORGANISMI ACCUMULATORI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Determinazione</li> <li>* Posizione nella catena alimentare</li> </ul>

Tabella 6. AGROECOSISTEMI E SISTEMI FORESTALI

COLTURE AGRICOLE (in campo e protette)	SELVICOLTURA
<b>PARAMETRI DESCRITTIVI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Determinazione tassonomica</li> <li>* Ubicazione</li> <li>* Estensione</li> </ul>	<b>PARAMETRI DESCRITTIVI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Determinazione tassonomica</li> <li>* Ubicazione</li> <li>* Estensione</li> </ul>
<b>CARATTERISTICHE AGRONOMICHE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Temperatura ottimale di crescita</li> <li>* Fotoperiodo</li> <li>* Fabbisogno idrico</li> <li>* Produttività</li> </ul>	<b>CARATTERISTICHE PRODUTTIVE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Produttività</li> </ul>
<b>CARATTERISTICHE FENOLOGICHE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Periodi e tempi di semina</li> <li>* Tempi di emergenza</li> <li>* Stadio di sviluppo</li> <li>* Isofane</li> <li>* Periodo di raccolta</li> </ul>	<b>FORMA DI GOVERNO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Tipologie di trattamento</li> <li>* Tagli intercalari</li> <li>* Tempi</li> </ul>
<b>PRATICHE AGRONOMICHE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DEL TERRENO <ul style="list-style-type: none"> <li>* Tipo di lavorazione</li> <li>* Profondità dell'aratura</li> <li>* Tempi di lavorazione</li> <li>* Concimazione organiche</li> </ul> </li> <li>- DELLA COLTURA <ul style="list-style-type: none"> <li>* Avvicendamento</li> <li>* Rotazione</li> <li>* Colture intercalari</li> <li>* Tempi</li> </ul> </li> </ul>	<b>PATOLOGIA VEGETALE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Principali tipi di malattie e loro incidenza</li> <li>* Serie storiche</li> </ul>
<b>TRATTAMENTI CHIMICI (DEL SUOLO E DELLE COLTURE)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Sostanze impiegate</li> <li>* Modalità di trattamento</li> <li>* Tempi di trattamento</li> <li>* Tempo di permanenza</li> </ul>	<b>UTILIZZO E DESTINAZIONE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Utilizzo</li> <li>* Destinazione</li> </ul>
<b>SISTEMI IRRIGUI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Sistemazione idraulica dei terreni</li> <li>* Provenienza delle acque</li> <li>* Caratteristiche delle acque</li> <li>* Tempi e modalità d'irrigazione</li> </ul>	
<b>SISTEMI DI RISCALDAMENTO (serre)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Tipo di riscaldamento</li> <li>* Rilascio di inquinanti</li> </ul>	
<b>CICLI BIOGEOCHIMICI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* degli inquinanti</li> <li>* degli elementi-guida</li> </ul>	
<b>PATOLOGIA VEGETALE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>*elenco dei principali tipi di malattie e loro incidenza</li> <li>* Serie storiche</li> </ul>	

Tabella 7. AGROECOSISTEMI E SISTEMI FORESTALI

ALLEVAMENTI ZOOTECNICI	AMBIENTI CONFINATI E PICCOLI ALLEVAMENTI
<p><b>PARAMETRI DESCRITTIVI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Tipologie</li> <li>* Ubicazione</li> <li>* Estensione</li> <li>* Posizione nella catena alimentare</li> </ul> <p><b>CARATTERISTICHE FISIOLOGICHE ALIEUTICA E VENATORIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Parametri ponderali</li> <li>* Indice di fertilità</li> <li>* Stadio fisiologico dell'animale</li> <li>* Origine</li> <li>* Posizione nella catena alimentare</li> <li>* Modalità di conservazione</li> </ul> <p><b>CARATTERISTICHE PRODUTTIVE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Consistenza numerica</li> <li>* Sistemi di allevamento</li> <li>* Quantità</li> <li>* Composizione</li> <li>* Destinazione</li> </ul> <p><b>CARATTERISTICHE DELL'ALIMENTAZIONE DEL BESTIAME</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Tipologie</li> <li>* Dieta</li> </ul> <p><b>FABBISOGNO IDRICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Quantità prelevata</li> <li>* Ubicazione dei prelievi</li> </ul>	<p><b>PRODOTTI DEL SOTTOBOSCO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Determinazione tassonomica</li> <li>* Quantità</li> <li>* Origine</li> </ul> <p><b>PRODOTTI DELL'ATTIVITA'</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Tipologie</li> <li>* Quantità</li> </ul> <p><b>PICCOLI ALLEVAMENTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Tipologie (Apicoltura, Avicoltura, Vallicoltura, ecc.)</li> </ul>

Nel caso di accertata presenza di fenomeni d'inquinamento diffuso, particolare attenzione dovrà essere prestata alle specie "significative" suscettibili di far parte di vie critiche di esposizione all'uomo, attraverso l'attività venatoria ed alieutica, al fine di tenere in considerazione le potenzialità e/o le vocazioni del territorio, rispetto alle attività di fruizione. Per le specie suddette dovranno essere reperiti ulteriori dati, quali:

- stime quantitative della loro utilizzazione;
- analisi del ruolo svolto nel funzionamento delle comunità;
- i requisiti ambientali necessari alla conservazione di eventuali habitat critici di sopravvivenza;
- i meccanismi di accumulo degli inquinanti e di risposta, in termini fisiologici, alla loro tossicità;
- la tolleranza (preferenda) verso singoli fattori fisici principali (temperatura, umidità, illuminazione, ecc.) ed alimentari, in funzione dell'età e del suo stadio di sviluppo, al fine d'individuare eventuali sinergismi.

Per estensione, vanno segnalate, e possibilmente quantizzate, le utilizzazioni degli organismi viventi in condizioni semispontanee o in ambienti confinati, solo parzialmente controllati dall'uomo, quali riserve di caccia, zone di ripopolamento e cattura, ecc.

Analoghe considerazioni valgono per gli ambienti sostenuti da forme più spinte d'intervento antropico (aree di semina, di rimboschimento, ecc.) e per i prodotti spontanei della flora e della fauna autoctona presenti nell'ambiente naturale (bosco, prato, corpi idrici diversi, ecc.) raccolti per attività ricreativa, quali piante officinali, fragole selvatiche, mirtilli, ribes, funghi spontanei e tartufi, molluschi d'acqua dolce, ecc. (specie "critiche").

Sempre per poter individuare le eventuali vie critiche di esposizione dei popolamenti animali e vegetali appartenenti ai diversi agrosistemi, o di loro segmenti, potranno rendersi necessari dati ed informazioni sui prodotti e sottoprodotti di trasformazione delle industrie agroalimentari e zootecniche (industrie lattiero-casearie, dalle conserve, olearie, enologiche, ecc.), con indicazioni sull'origine, sulle quantità trattate e sulla loro destinazione (v. Tabella 8).

**Tabella 8. AGROECOSISTEMI E SISTEMI FORESTALI: PRODOTTI DEGLI AGROECOSISTEMI**

<b>PRODOTTI E SOTTOPRODOTTI DELLA TRASFORMAZIONE DELLE INDUSTRIE AGROALIMENTARI E ZOOTECNICHE</b>
<b>-PRODOTTI ZOOTECNICI DERIVATI</b>
* Tipologie
* Quantità
* Origine
* Modalità di conservazione
* Destinazione dei prodotti e sottoprodotti
<b>-PRODOTTI AGRICOLI DERIVATI</b>
* Tipologie
* Origine
* Quantità
* Modalità di conservazione
* Destinazione dei prodotti e sottoprodotti
<b>SOTTOPRODOTTI DI SCARTO</b>
* Origine
* Quantità
* Destinazione
<b>RESIDUI DA ATTIVITA' AGRICOLE E ZOOTECNICHE</b>
* Origine
* Quantità
* Destinazione

#### **PREVISIONI DELLO STATO FUTURO IN ASSENZA D'INTERVENTO**

L'insieme delle informazioni necessarie alla caratterizzazione della qualità iniziale dell'ambiente non devono essere acquisite secondo un'ottica riduttiva, in funzione di una limitata e statica descrizione dei fenomeni in atto al momento dell'analisi, ma devono poter consentire un confronto tra la condizione di riferimento dell'area ante operam (compresa la previsione dello stato futuro in assenza d'intervento) e la condizione post operam, tendenze evolutive comprese. A tal fine le informazioni e i dati raccolti devono fornire una possibile chiave di lettura dei probabili cambiamenti che si verificheranno nel tempo e nello spazio, di una loro eventuale quantificazione e determinazione delle cause generatrici.

Per poter individuare le tendenze evolutive dell'area in esame, in relazione a fattori naturali od a condizionamenti derivanti dall'utilizzo del territorio da parte dell'uomo e per poter prevedere le possibili "dinamiche" e "successioni" intrinseche dei popolamenti vegetali ed animali, in assenza dell'intervento proposto, è bene tenere sempre presente che le diverse biocenosi tendono, nella loro evoluzione ecologica, ad uno stato di equilibrio col proprio ambiente.

Tale stato non è stazionario, ma oscilla attorno a valori medi ed entro limiti di efficacia derivanti dai meccanismi omeostatici intrinseci a ciascun sistema. Quando queste oscillazioni, dovute a perturbazioni di origine antropica (e non), superano tali limiti, fino alla compromissione delle possibilità di recupero dell'intero sistema, s'innescano processi di degradazione e/o di regressione, con ritorno a forme biocenotiche meno evolute.

La previsione dello stato futuro in assenza d'intervento, deve essere in grado di poter determinare il livello di stabilità dei diversi ecosistemi interessati dall'opera, cioè la loro capacità a resistere agli stress derivanti dalla pressione antropica esercitata nei loro confronti ed, al limite, nel caso (teorico) di assenza di pressione antropica, nei confronti di eventi naturali eccezionali (incendi, frane, ecc.). In particolare, vanno individuate le possibili cause di una progressiva diminuzione della diversità ambientale ed il conseguente depauperamento della ricchezza floristico-vegetazionale e faunistica per quegli elementi a bassa plasticità, che vedono soddisfatte le proprie esigenze primarie da un certo tipo di utilizzo del territorio, considerata la tendenza comune per molte aree a risultare fortemente antropizzate, (ad esempio: attività agricole e silvo-pastorali, regimazioni e contenimento delle acque superficiali, ecc.). E' possibile raggiungere tale obiettivo attraverso la conoscenza del grado di complessità strutturale delle differenti unità ecosistemiche, in termini di diversità biologica e di ricostruzione delle successioni e di efficienza funzionale dei meccanismi che regolano il complesso delle diverse biocenosi, specialmente quelle vegetali, in termini di produttività, efficienza ecologica, ecc. (Cfr. Tabella 4: Caratteristiche ecologiche). Queste ultime infatti, per la complessità della loro struttura e per il ruolo che assumono a livello di catene trofiche o di utilizzo del flusso energetico, rappresentano situazioni emblematiche dello stato stazionario (fase climax) o dell'equilibrio (sempre reversibile) nei rapporti tra produttori e consumatori, rilevabili attraverso opportuni indicatori di stabilità.

Il quadro floristico-vegetazionale derivato dal confronto tra la condizione di riferimento iniziale e quella potenziale legata alle dinamiche delle popolazioni ed alle successioni fitosociologiche, consente, con un accettabile grado di approssimazione, di delineare la presenza potenziale di habitat in grado di consentire i requisiti vitali delle diverse specie animali, specialmente per la classe dei vertebrati per le ragioni già precedentemente espresse. Unità ecologiche caratterizzate da differenti associazioni vegetazionali, infatti, comportano presenze potenziali diverse delle varie popolazioni faunistiche, cioè del numero e tipo di specie animali che possono vivere in una certa area (capacità portante).

Le indagini fitosociologiche e la previsione delle variazioni della capacità portante di un ambiente, possono costituire una ragionevole base d'informazioni per ipotizzare il trend di sviluppo di un'area in assenza d'intervento.

## METODOLOGIE ANALITICHE E RESTITUZIONE DEI RISULTATI

Di seguito vengono elencati una serie di procedure ed indici utili all'elaborazione dei dati raccolti ed alla valutazione della qualità ambientale. Alcuni di tali metodi, ritenuti da più parti validi sono rappresentati dall'HEP e dall'HSI (rispettivamente Habitat Evaluation Procedure e Habitat Suitability Index, sviluppati dall'U.S. Fish and Wildlife Service) (7)(8), basati su metodologie di stima della qualità degli habitat ampiamente utilizzate a livello internazionale, o quelli collegati all'HES (9), che definiscono preventivamente le unità ambientali presenti in un determinato territorio e ne descrivono i livelli di qualità, attraverso opportuni indicatori.

Per la definizione della qualità degli ambienti di acque correnti, si suggerisce l'opportunità di adottare il metodo, ormai più che collaudato nel nostro Paese, dell'EBI (Extended Biotic Index, elaborato dal Woodiwiss) (10)(11).

Tutte le informazioni relative alle specie significative individuate o ai gruppi biologici di qualità e sensibilità presi in considerazione, dovranno essere tradotte in specifici "valori" sintetici di qualità, espressi sotto forma di "indici complessivi" in grado di permettere un confronto, su base numerica, delle situazioni precedenti e conseguenti alla realizzazione dell'opera.

A titolo d'esempio, possono essere indicati gli "Indici di antropizzazione", gli "Indici di artificializzazione" o gli "Indici di Diversità", più volte applicati negli ultimi tempi in analisi vegetazionali di qualità ambientale. Per aspetti particolari legati ai popolamenti faunistici, quali lo studio delle comunità ornitiche, possono utilizzarsi l'IPA (l' "Indice Puntiforme di Abbondanza") o l'IKA (l' "Indice Kilometrico di Abbondanza"), mentre per gli aspetti più generali, legati alla definizione della qualità ambientale delle unità ecosistemiche in esame, nei confronti di singoli gruppi biologici selezionati, risulta ormai collaudato anche nel nostro Paese (12), l'uso di "Indici di pregio degli habitat", derivati dal già citato HSI e basati sulla "Sensibilità precoce", l'"Importanza trofica", l'"Interesse antropico". Per il calcolo del valore ambientale e la conseguente analisi di sensibilità iniziali, è opportuno, pertanto, discretizzare l'area interessata dall'intervento secondo "unità territoriali elementari", definite o geometricamente (mediante maglie quadrate, di lato pari a 25, o 50 o 250 metri, a seconda dei casi) o per sintesi tematiche (ad es. biotopi più vulnerabili, unità ambientali definibili in termini di distribuzione delle diverse biocenosi, ecc.). Tali unità territoriali devono risultare ben individuabili attraverso precisi riferimenti topografici, come il perimetro di delimitazione dell'area stessa e le coordinate UTM del suo baricentro.

La discretizzazione, per singoli tematismi ambientali o per sintesi, e l'attribuzione di "valori" alle singole unità, consente la definizione complessiva delle qualità iniziali (valore ambientale, vulnerabilità intrinseca, stato effettivo di salute), con cui simulare scenari diversi di valutazione, in base alle diverse vocazioni del territorio in esame.

Le modalità di presentazione delle risultanze dovranno tenere in considerazione gli aspetti ambientali più rilevanti da prendere in esame, in relazione alla tipologia dell'impianto ed agli eventuali correttivi proposti, al fine di fornire un quadro sintetico ed esaustivo della situazione ante operam. E' opportuno comunque fornire elementi di sintesi, quali tabelle comparative, indici sintetici, carte tematiche con scale di lavoro appropriate, a secondo del livello di dettaglio desiderato, per una lettura integrata del territorio e per individuare le unità ambientali più sensibili, interessate dal progetto.

E' essenziale attribuire, ad ogni dato di base ritenuto valido, un significato spaziale, cioè una definizione dell'areale nel quale il dato stesso è rappresentativo in modo assoluto o statistico (ad es. il numero di specie per km<sup>2</sup>).

L'uso combinato di carte diverse, quali quelle della vegetazione, quella fisionomica-strutturale, fito-sociologica, della presenza di specie rare, endemiche o relitte, delle rotte di migrazione, ecc., associato ad opportune operazioni di sovrapposizione con quelle dell'uso reale del suolo, della viabilità, della presenza di emergenze artistico-archeologiche, degli insediamenti produttivi o residenziali, ecc. consente, con buona approssimazione, la definizione puntuale del grado di complessità del territorio preso in esame.

#### VINCOLI E NORMATIVE

Come già detto, occorre confrontare le informazioni raccolte e riportate in questa sottosezione e nelle tavole corrispondenti, con i riferimenti normativi e legislativi, sia locali che nazionali, vigenti al momento, in merito a vincoli e/o condizionamenti indotti da particolari esigenze di tutela di valori ambientali da rispettare. Ad esempio occorre confrontare i seguenti vincoli:

- vincoli paesaggistici
- vincoli archeologici
- demaniali
- idrogeologici

con quelli territoriali più generali, quali:

- vincolo all'asporto
- vincoli all'utilizzo ed al consumo
- servitù militari
- vincoli in presenza di specie rare e protette
- vincoli di destinazione a parchi, riserve, zone umide
- vincoli urbanistici, di piano territoriale, ecc.

Per lo "status" delle diverse specie, sia a livello regionale che nazionale o internazionale, è utile fare riferimento alla letteratura specialistica esistente (Red Data Books; Red Lists; ecc.) (13)(14)(15)(16), alle Convenzioni Internazionali (17)(18)(19)(20), alle Direttive CEE (21)(22)(23)(24)(25)(26)(27), ai documenti redatti dall'IUCN

(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources), ecc.

Oltre alle informazioni ora elencate, deve comunque essere indicato il grado di vincolo ambientale esistente e/o previsto per gli ecosistemi, i popolamenti e le specie eventualmente interessati dalla realizzazione del progetto o dell'azione proposti. A tal fine sarà opportuno individuare le eventuali zone protette da leggi o normative locali, regionali o nazionali, se possibile anche a livello propositivo, fornire elenchi di specie animali e vegetali protette e/o minacciate d'estinzione, oltre a quelle locali di importanza economica o naturalistica (28).

NOTA (\*) Prof. Carlo Blasi del Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università di Roma (La Sapienza) e il Prof. Sergio Malcevschi del Dipartimento di Biologia Animale dell'Università di Pavia.

(\*\*) Il lessico elaborato rappresenta parte integrante di una Tesi di Laurea presso la Divisione Siti e Controlli ambientali.

## BIBLIOGRAFIA

1. CARACCIOLO R., FIORENZA R., GUIDONI A. 1980 - Metodologie per lo studio del territorio. Notiziario CNEN, anno 26, n.10 ottobre 1980.
2. ENEA 1984 - Relazione tecnica per la localizzazione di una centrale elettronucleare in Piemonte. Area Po 1 Vol.1-4 Disp-PI(84)1. Area Po 2 Vol.1-4 Disp-PI(84)2.
3. BELLI M., BELVISI M., DALL'ARA A., ONORI L. 1987 - Valutazione della compatibilità ambientale delle centrali Enel a carbone di Tavassano, Gioia Tauro e Brindisi Sud. Aspetti dell'impatto ambientale dei sistemi di smaltimento del calore residuo. Appendice n 5. DISP/ARA/SCA(87)5
4. BELVISI M., ONORI L., TOMARCHIO L. 1988 - Gli aspetti ecologici della Valutazione d'Impatto Ambientale: Componente vegetazione e fauna. Prima parte: Analisi della condizione di riferimento iniziale. DISP/ARA/SCA(1988)11
5. ITALIA. LEGGE N.349 DELL'8 LUGLIO 1986 (art.7) Istituzione del ministero dell'Ambiente e norme in materia di danno ambientale.
6. GHETTI P.F., BONAZZI G. 1981 - I Macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua. C.N.R. AQ/1/127
7. U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE. 1980 - Habitat Evaluation Procedure (HEP). Division of Ecological Services. Ecological Service Manual 102. March. Washington, D.C.
8. U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE. 1981 - Standards for the development of Habitat suitability index models (HSI). Division of Ecological Services. Ecological Service Manual 103. Washington, D.C.
9. U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. 1976 - A tentative Habitat Evaluation System (HES) for water Resource Planning. Lower Mississippi Valley Division. August. Vicksburg, Miss.
10. WOODIWISS F.S. 1980 - Biological Water Assessment methods. Nottingham-Abridged Report of Working Group of Experts. Commission of the European Communities, ENV/416/80
11. WOODIWISS F.S. 1981 - Biological Monitoring of Surface. Commission of the European Communities. ENV/787/80
12. IOANNILLI E., POLITANO E., VITALI R. 1987 - Applicazione dell'Habitat Evaluation Procedure per il monitoraggio biologico dell'impatto di un impianto termoelettrico sull'ambiente naturale. Atti del III Congresso Nazionale S.It.E, Siena 21-24 ottobre 1987.
13. LUCAS G., Synge H. 1978 - The IUCN plant red data book. IUCN, CH-1196 Gland, Switzerland
14. THORNBACK J. 1982 - The IUCN mammal red data book. Part I. Unwin Brothers Limited, The Gresham Press, Old Working, Surrey, U.K.
15. AA.VV. 1983 - The IUCN invertebrate red data book. Unwin Brothers Limited, The Gresham Press, Old Working, Surrey, U.K.
16. GROOMBRIDGE B. 1982 - The IUCN plant red data book. Unwin Brothers Limited, The Gresham Press, Old Working, Surrey, U.K.
17. ITALIA. LEGGE N.874 DEL 19 DICEMBRE 1975 - Ratifica ed esecuzione sul commercio internazionale delle specie animali e vegetali in via d'estinzione, firmata a Washington il 3 marzo 1973.
18. ITALIA. D.P.R. N.448 DEL 13 MARZO 1976 - Esecuzione della convenzione relativa alle zone umide d'importanza internazionale soprattutto come habitat degli uccelli acquatici, firmata a Ramsar il 2 febbraio 1971.

19. ITALIA. LEGGE N.503 DEL 5 AGOSTO 1981 - Ratifica ed esecuzione della convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa, con allegati, adottata a Berna il 19 settembre 1979.
20. COMUNITA' ECONOMICA EUROPEA 79/409: DIRETTIVA DEL CONSIGLIO, 2 APRILE 1979 - Conservazione degli uccelli selvatici.
21. RISOLUZIONE DEL CONSIGLIO, 2 APRILE 1979 - Direttiva 79/409/CEE concernente la conservazione degli uccelli selvatici.
22. COMUNITA' ECONOMICA EUROPEA 75/66: RACCOMANDAZIONE DELLA COMMISSIONE AGLI STATI MEMBRI, 20 DICEMBRE 1974 - Protezione degli uccelli e dei loro habitat.
23. ITALIA. LEGGE N.42 DEL 25 GENNAIO 1983 - Ratifica ed esecuzione della convenzione sulla conservazione delle specie migratrici appartenenti alla fauna selvatica, con allegati, adottata a Bonn il 23 giugno 1979.
24. COMUNITA' ECONOMICA EUROPEA 82/72: DECISIONE DEL CONSIGLIO, 3 DICEMBRE 1981 - Conclusione della Convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa.
25. COMUNITA' ECONOMICA EUROPEA 82/461: DECISIONE DEL CONSIGLIO, 24 GIUGNO 1982 - Conclusione della Convenzione sulla conservazione delle specie migratrici della fauna selvatica.
26. REGOLAMENTO CEE N.3626/82 DEL CONSIGLIO 3 DICEMBRE 1982 - Applicazione nella Comunità della convenzione sul commercio internazionale delle specie di flora e fauna selvatiche minacciate di estinzione.
27. AA.VV. 1986 - La normativa per la tutela dell'ambiente: disposizioni comunitarie, nazionali e locali, stato di attuazione e prospettive di evoluzione. Contributo per un codice dell'Ecologia (con le Norme CEE in allegato). Editrice E.A., Fiera di Padova
28. POSTIGLIONE A. 1987 - Codice dell'ambiente Tomo I e II - Maggioli Ed., Rimini

## IL RUOLO DEI TEST A BREVE TERMINE NELLA SPERIMENTAZIONE TOSSICOLOGICA

R. Crebelli

Istituto Superiore di Sanità

Roma

### INTRODUZIONE

Mutagenesi e cancerogenesi chimica sono rimaste discipline essenzialmente separate fino all'inizio degli anni '70. La mutagenesi chimica si era infatti sviluppata negli anni '40-'50 come branca della genetica con finalità prevalentemente applicative, quali la produzione di varianti genetiche utili in agricoltura e zootecnia. Nella incipiente era nucleare, in cui era vivo il timore dei danni genetici provocati dalle radiazioni, la scoperta di sostanze chimiche ("supermutageni") di gran lunga più efficienti come mutageni rispetto alle radiazioni ionizzanti suggerì tuttavia di considerare con la dovuta attenzione anche il rischio di danni genetici dovuti alla crescente esposizione umana a prodotti chimici di sintesi. Fu così creato un registro dei mutageni chimici ed iniziati i primi pionieristici tentativi di monitorare l'esposizione umana ad agenti genotossici, soprattutto per merito del ricercatore svedese Lars Ehrenberg. L'attività mutagena fu tuttavia associata alle proprietà cancerogene delle sostanze chimiche solo all'inizio degli anni '70, quando Bruce Ames dimostrò l'attività mutagena di una serie di cancerogeni chimici in un test *in vitro* sul batterio Salmonella typhimurium (1). A questo lavoro seguì la pubblicazione dei risultati di uno studio collaborativo che dimostrava in un gruppo eterogeneo di 300 sostanze chimiche una correlazione di circa il 90% tra attività mutagena in Salmonella e proprietà cancerogene nei roditori (2). Questi studi, prospettando la possibilità di predire l'attività cancerogena in base alla risposta in test *in vitro* di relativa semplicità ed economia, suscitavano un enorme interesse ed aprirono la strada allo sviluppo ed alla applicazione routinaria dei saggi a breve termine (STT, short-term tests).

Attualmente nel file dell'Environmental Mutagen Information Center sono raccolti i dati relativi ad oltre 20.000 sostanze chimiche e nuovi dati vengono continuamente presentati nella letteratura scientifica. In questi anni inoltre è stato sviluppato un numero elevato, anche eccessivo, di test a breve termine diversi per organismo, procedure sperimentali e/o end-point studiato. Una rassegna pubblicata alcuni anni fa (3) già descriveva oltre 100 STT su organismi procarioti ed eucarioti.

Tutto ciò si è riflesso anche al di fuori della comunità scientifica, con l'adozione di batterie di STT per la valutazione della attività mutagena e la predizione degli effetti cancerogeni per fini normativi. L'idea proposta originariamente 15 anni fa di utilizzare

i test a breve termine per la predizione dell'attività cancerogena ha quindi trovato ampio riscontro ed ha esercitato una profonda influenza nella sperimentazione tossicologica.

Il paradigma che per oltre una decade ha giustificato l'uso degli STT per la predizione della cancerogenesi, cioè "i cancerogeni sono mutageni, quindi i mutageni sono cancerogeni" ha trovato recentemente importante supporto teorico nelle scoperte della oncologia molecolare, con la dimostrazione del ruolo critico di eventi mutazionali in alcune fasi dello sviluppo neoplastico, ma anche parziali smentite nei fatti. In particolare due recenti studi in cui è stata analizzata la correlazione tra attività mutagena e proprietà cancerogene delle sostanze studiate in saggi a lungo termine dal National Cancer Institute (NCI) e National Toxicology Program (NTP) hanno messo in dubbio la realtà di questa correlazione ed aperto un vivo dibattito sulle potenzialità ed il ruolo degli STT nella sperimentazione tossicologica.

Zeiger (4) ha esaminato la relazione tra proprietà cancerogene nei roditori ed attività mutagena in S.typhimurium per 224 sostanze studiate da NCI/NTP, osservando una concordanza di risposte nel 58% dei casi.

Tennant et al. (5) hanno determinato l'attività mutagena di 73 sostanze già studiate da NCI/NTP utilizzando 4 STT in vitro, mostrando una concordanza di risultati tra STT e cancerogenesi di circa il 60% .

Sono stati appunto questi bassi valori di correlazione tra attività mutagena e cancerogena, ben lontani dal 90-95% delle prime stime, a mettere in discussione l'utilità degli STT per la predizione degli effetti cancerogeni. In realtà i risultati di questi studi devono essere valutati alla luce di alcune considerazioni che li collocano in una più corretta prospettiva.

Relativamente all'analisi di Zeiger (cancerogenesi vs mutagenesi in Salmonella) si può osservare che, sebbene l'assenza di risposta mutagena non sia di per sé indicativa di non cancerogenicità (58% dei non mutageni sono cancerogeni), una risposta mutagena positiva risulta predittiva del potere cancerogeno nel 77% dei casi. Questa capacità predittiva, pur lontana dal 100% ingenuamente perseguito negli anni '70, deve essere considerata operativamente più che soddisfacente, soprattutto quando si consideri che nello stesso set di sostanze la concordanza di risposta cancerogena tra due specie affini come ratto e topo è solamente del 71%, e che quindi l'attività cancerogena in una specie è predittiva della cancerogenesi per l'altra solo nel 71% dei casi. Inoltre bisogna considerare che ogni stima di correlazione tra attività mutagena e cancerogena risente di un bias dovuto alla presenza nel campione di sostanze considerato di composti di classi chimiche diverse in variabile ed arbitraria proporzione. Ciò è tanto più importante quando si consideri che l'accuratezza con cui la risposta mutagena predice l'attività cancerogena varia da valori prossimi al 100% (nitroaromatici) ad appena il 40% (polialogenati). Ovviamente, non potendosi approntare un campione di sostanze rappresentativo dell'universo di tutti i cancerogeni (in quanto ignoti), la selezione delle

sostanze implica necessariamente una distorsione della situazione reale. Una possibile spiegazione per la discordanza tra le prime e le più recenti stime relative alle predittività degli STT è anche data dalla evoluzione degli studi a lungo termine che si è avuta negli ultimi lustri. Fino all'inizio degli anni '70 infatti gli studi di cancerogenesi erano di breve durata e di scarsa sensibilità, idonei ad individuare solo potenti cancerogeni. Inoltre le sostanze studiate venivano scelte prevalentemente sulla base di criteri di struttura-attività, privilegiando quelle le cui caratteristiche strutturali suggerivano una possibile attività. Ciò ha portato inizialmente a concentrare gli studi su agenti elettrofili direttamente reattivi o tali dopo conversione metabolica. Solo successivamente, quando furono adottati protocolli sperimentali che prevedevano la somministrazione per tutta la vita fino alla dose massima tollerata a due specie e due sessi, si è resa possibile l'individuazione di cancerogeni di debole potenza o sesso/specie specifici. Contemporaneamente sono stati modificati anche i criteri di selezione delle sostanze, dando priorità a quelle di ampia diffusione e/o impatto ambientale (come molti pesticidi alogenati), indipendentemente da considerazioni di struttura-attività.

Queste considerazioni si applicano anche all'analisi di Tennant e collaboratori (cancerogenesi *vs* mutagenesi in 4 STT *in vitro*) da cui emerge una ulteriore indicazione di particolare interesse, cioè la non complementarietà tra le risposte dei 4 test. Nonostante individuino un range di end-points diversi su tre tipi cellulari, i 4 STT hanno infatti mostrato un sostanziale accordo, tale che sulla base dei risultati ottenuti nessuna batteria di test costruita a posteriori risulta significativamente più predittiva del solo test su *Salmonella*. Ovviamente ciò mette in serio dubbio la logica con cui in questi anni sono state elaborate batterie di saggi più o meno articolate che hanno trovato spesso un riscontro anche a livello normativo.

Presunta scarsa predittività, ridondanza, non complementarietà ed inadeguatezza delle attuali batterie di saggi hanno quindi acceso recentemente il dibattito attorno agli STT. Appare quindi opportuno a questo punto riconsiderare brevemente il ruolo ed il significato degli STT sulla base delle attuali conoscenze, prendendo spunto dalle indicazioni della International Commission for Protection against Environmental Mutagens and Carcinogens (ICPEMC) (6).

### ATTIVITA' MUTAGENA IN VIVO

Un primo principio di fondamentale importanza da ribadire è quello di considerare l'attività mutagena *in vivo* come una informazione di grande rilevanza tossicologica, anche indipendentemente dalla possibile correlazione con la cancerogenesi. L'effetto sul *carico genetico* umano, la possibile implicazione di eventi mutageni in altri processi degenerativi (arteriosclerosi, invecchiamento), oltre alla non perfetta predittività dei test a lungo termine su roditori, impongono di considerare gli agenti che mostrano inequivocabile attività mutagena in STT *in vivo* come potenzialmente pericolosi per l'uomo, anche in assenza di altre informazioni o in presenza di dati di cancerogenesi discordanti (per quanto non siano ancora note sostanze mutagene *in vivo* di cui sia stata dimostrata la non cancerogenicità in adeguati studi a lungo termine).

## BATTERIE DI STT IN VITRO

Le attuali batterie di STT in vitro sono articolate su saggi capaci di individuare una gamma di end-points genetici diversi (mutazione genica, aberrazioni cromosomiche strutturali e numeriche, ricombinazione, scambi tra cromatidi fratelli, riparo) con scarsa attenzione alle caratteristiche metaboliche dei sistemi biologici utilizzati. L'analisi di larghe basi di dati (7, 5) dimostra tuttavia ridondanza e scarsa complementarietà tra saggi per eventi genetici diversi oltre ad imprevedibili associazioni. La variabile più importante in queste batterie risulta infatti essere offerta dalla varietà di situazioni metaboliche piuttosto che dalla molteplicità degli end-points. A questo proposito è stata per esempio recentemente dibattuta l'opportunità di mantenere nelle batterie di STT in vitro i saggi di mutazione su colture cellulari, vista la sovrapposizione nella performance con i test citogenetici in vitro. Per il futuro la strategia da adottare sembra quindi quella di ridurre il numero di saggi ampliando la varietà di condizioni metaboliche e sistemi di attivazione. Tutto ciò va tenuto in giusta considerazione nel valutare l'apparente contraddittorietà di risultati che accade di osservare tra saggi apparentemente equivalenti (stesso end-point), evitando di considerare un risultato positivo seguito da uno negativo come complessivamente inconclusivo, in quanto nel secondo saggio possono non realizzarsi le condizioni metaboliche che permettono di evidenziare una intrinseca attività genotossica.

## RISULTATI IN VITRO ED IN VIVO

Nella valutazione del potenziale genotossico di una sostanza maggiore rilevanza deve essere attribuita ad una evidenza di attività ottenuta in studi in vivo rispetto ad un risultato positivo in vitro. Teoricamente infatti fattori metabolici (quali la preferenziale detossificazione) e/o mancato assorbimento potrebbero impedire ad un mutageno in vitro di esercitare un'azione genotossica in vivo. Tuttavia, un risultato negativo in vivo costituisce una prova solo parziale di assenza di proprietà mutagene, soprattutto in presenza di risultati positivi in vitro. I tessuti accessibili all'analisi mutagenetica in vivo (midollo osseo, cellule germinali) sono infatti scarsamente accessibili e/o con limitate capacità metaboliche e quindi l'assenza di danni genetici rilevabili in essi non assicura la mancanza di effetti avversi su altri, più sensibili bersagli. A questo proposito viene attualmente raccomandato di effettuare gli studi in vivo su almeno due tessuti (p.es. midollo osseo ed epatociti), utilizzando eventualmente anche saggi aspecifici, come il rilevamento di addotti sul DNA, ove non siano stati sviluppati metodi genetici. Tra i mutageni in vivo, maggiore robustezza viene attribuita ad una risposta positiva rilevabile su un tessuto scarsamente accessibile come quello germinale. Le evidenze disponibili ( su circa 40 sostanze per cui è stata dimostrata l'attività mutagena sulle cellule germinali dei roditori) indicano che se una sostanza è capace di esercitare un'azione mutagena sulla linea germinale, essa è invariabilmente attiva anche a livello somatico, mentre solo una minoranza di queste ultime risulta attiva a livello germinale. Come conseguenza si ritiene lecito assumere che una sostanza che risulti inattiva in saggi in vivo a livello somatico (p.es. sul midollo osseo)

rappresenti un rischio di danni ereditari trascurabile. Altresì maggiore rilevanza deve essere attribuita a risultati positivi ottenuti in condizioni sperimentali non esasperate (come dosaggio o tossicità), soprattutto nei saggi in vitro in cui possono originarsi artefatti dovuti ad effetti aspecifici (p.es. alterazioni della osmolalità del mezzo colturale).

### FALSI POSITIVI

L'analisi dei dati NCI/NTP dimostra inequivocabilmente che non tutti i mutageni in vitro sono cancerogeni (per quanto nella quota di "falsi" positivi osservata siano certamente inclusi dei deboli cancerogeni non individuati negli esperimenti a lungo termine). La risposta mutagena in vitro va quindi considerata un utile campanello d'allarme che necessita comunque di una conferma. Tenendo presente che i fattori che impediscono ad un mutageno in vitro di esercitare un'azione cancerogena nel mammifero (diverso metabolismo, caratteristiche farmacocinetiche, mancato assorbimento) sono gli stessi che ne sopprimono l'attività mutagena in vivo, si può concludere che la conferma dell'attività mutagena in vivo aumenta in modo decisivo la probabilità che essa sia cancerogena. In termini pratici, ciò porta a considerare le sostanze mutagene in vivo come potenziali cancerogeni genotossici.

### FALSI NEGATIVI

La sperimentazione tossicologica condotta negli ultimi anni ha dimostrato in modo altrettanto inequivocabile l'esistenza di agenti cancerogeni privi di attuali o potenziali centri elettrofili ed inattivi negli STT. Tali agenti (definiti talvolta cancerogeni epigenetici o non genotossici) potrebbero esercitare la loro azione cancerogena agendo negli stadi successivi del processo neoplastico, modificando l'omeostasi nei tessuti bersaglio ed aumentando la possibilità di sviluppo di eventuali cellule "iniziate" al processo neoplastico da agenti mutageni endogeni o ubiquitari. Il continuo tentativo peraltro fallito di ottenere una risposta mutagena anche da questi cancerogeni non genotossici è stato il motivo principale del proliferare di STT negli anni passati. Attualmente, riconosciuta la possibilità per alcune sostanze di esercitare un'azione cancerogena con un meccanismo non genetico, appare vano continuare il tentativo di evocare da essi una risposta mutagena allargando oltre misura le batterie di STT con una inaccettabile perdita di specificità (proporzione di mutageni cancerogeni). Si suppone invece che questi cancerogeni non genotossici potrebbero essere eventualmente individuati da STT capaci di individuare modifiche nei meccanismi di controllo cellulari. Sebbene lo sviluppo di tali metodiche sia ritenuto un obiettivo prioritario, esso appare tuttavia subordinato all'acquisizione di una migliore comprensione dei meccanismi di cancerogenesi. Attualmente la definizione delle proprietà mutagene dei cancerogeni viene talvolta considerata importante per la estrapolazione degli effetti alle basse dosi, nell'ipotesi della esistenza di una dose soglia per l'attività dei cancerogeni non genotossici. Sebbene in alcuni casi plausibile, è importante però sottolineare che attualmente non esistono evidenze sperimentali che dimostrino l'esistenza di dosi soglia e che, sebbene di solito i cancerogeni non genotossici siano

attivi ad alte dosi, composti soggetti a bioaccumulo e/o resistenti alla biodegradazione possono essere attivi anche a dosi estremamente basse, come ben illustrato dalla 2,3,7,8-tetraclorobenzodiossina.

In conclusione, la definizione dell'attività mutagena costituisce una informazione di primaria importanza per la valutazione tossicologica delle sostanze chimiche, anche indipendentemente dalla predittività per gli effetti cancerogeni. Gli STT possono fornire anche un'utile stima del potenziale cancerogeno delle sostanze chimiche e continuano a mantenere un importante ruolo nella sperimentazione tossicologica.

### BIBLIOGRAFIA

1. Ames, B.N., Durston, W.E., Yamasaki, E., and Lee, F.D. (1973). Carcinogens are mutagens: A simple test system combining liver homogenates for activation and bacteria for detection. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 70, 2281-2285.
2. McCann, J., Choi, E., Yamasaki, E., and Ames, B.N. (1975). Detection of carcinogens as mutagens in the Salmonella/microsome test : Assay of 300 chemicals. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 72, 5135-5139.
3. Hollstein, M., and McCann, J. (1979). Short-term tests for carcinogens and mutagens. *Mutation Research* 65, 133-226.
4. Zeiger, E. (1987) Carcinogenicity of mutagens: Predictive capability of the Salmonella mutagenesis assay for rodent carcinogenicity. *Cancer Research* 47, 1287-1298.
5. Tennant, R.W., Margolin, B.H., Shelby, M.D., Zeiger, E., Hanerman, J.K., Spalding, J., Caspary, W., Resnick, M., Stasiewicz, S., Anderson, B., and Minor, R. (1987). Prediction of chemical carcinogenicity in rodents from in vitro genetic toxicity assays. *Science*, 236, 933-941.
6. ICPEMC Publication n.16, Testing for mutagens and carcinogens; the role of short-term genotoxicity assays. A Report prepared by the International Commission for Protection against Environmental Mutagens and Carcinogens. (1988) *Mutation Research*, 205, 3-12.
7. Benigni, R., and Giuliani, A. (1985). Cluster analysis of short-term tests: a new methodological approach. *Mutation Research* 147, 139-151.

## ALCUNI ASPETTI PROBLEMATICI NELLA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOSSICI PER UOMO ED AMBIENTE

A.R. Bucchi

Istituto Superiore di Sanità

Roma

### INTRODUZIONE

Negli ultimi anni si è potuta constatare una maggiore attenzione di organismi nazionali ed internazionali ai problemi ambientali in genere ed, in particolare, ai riflessi negativi dei guasti ambientali sulla salute umana. L'iniziativa dell'OMS "Targets for health for all by the year 2000" che si prefigge per l'Europa del 2000 il traguardo della "salute per tutti", mediante la riduzione delle disuguaglianze sanitarie internazionali e nazionali ed il rafforzamento degli aspetti sanitari a vari livelli, è indubbiamente tra le più significative.

A questa iniziativa si collega la promozione da parte dell'OMS di una maggiore considerazione della componente "salute" nella valutazione di impatto ambientale dei progetti di sviluppo, in una prima fase, e successivamente l'estensione della valutazione sanitaria di impatto ambientale ai prodotti di consumo (giocattoli, cosmetici, prodotti detergenti, ecc.) ed alle politiche di sviluppo energetico, agricolo e di trasporto urbano (v. relazione nel presente rapporto di Stern, Giroult).

Nel campo della valutazione di impatto ambientale di progetti di sviluppo industriale, questo fine può essere raggiunto solo attraverso una dettagliata analisi degli effetti sulla salute e sicurezza delle comunità umane coinvolte dal progetto. La valutazione del rischio tossicologico (inteso come prodotto di esposizione per effetti) è uno degli strumenti più importanti atti allo scopo.

Nell'analisi di un processo industriale, è infatti fondamentale avere una completa valutazione dei possibili rischi per la salute determinati, non solo da materie prime coinvolte, prodotti intermedi e finali, ma anche da impurità e residui presenti nei prodotti, sostanze indirettamente coinvolte nel processo, sostanze suscettibili di formarsi per processi di combustione, surriscaldamento o per eventi probabili. I dati tossicologici disponibili, od eventualmente prodotti su richiesta delle autorità competenti, risultano estremamente utili per una valutazione dei possibili rischi da esposizione professionale o ambientale, della possibile contaminazione di aria, acqua e cibo e talvolta possono rappresentare un utile strumento per la selezione di processi tecnologici alternativi che comportino un minor rischio per la salute.

Il recepimento della direttiva CEE 79/831 sulle nuove sostanze chimiche rappresenta certamente un passo importante per la prevenzione degli "effetti avversi" per uomo ed ambiente. Le tabelle 1, 2 e 3 riportano i test tossicologici ed ecotossicologici (a breve, medio e lungo termine) obbligatoriamente richiesti dalla direttiva comunitaria per livelli di produzione della sostanza (0, 1 e 2) corrispondenti rispettivamente a 1 t/anno, 100 t/anno o 500 t di produzione totale (facoltativi per 10 t/anno o 50 t di produzione totale) e 1000 t/anno o 5000 t di produzione totale.

I test tossicologici ed ecotossicologici riportati nelle tabelle rappresentano un'utile guida alla tossicità intrinseca di una sostanza e consentono l'identificazione di possibili modalità di azione sull'uomo e sull'ambiente.

Tabella 1. STUDI TOSSICOLOGICI PRESCRITTI DALLA DIRETTIVA CEE 79/831 AL LIVELLO 0 (1 t/anno)

<b>STUDI TOSSICOLOGICI</b>
Tossicità acuta su roditori (per almeno 2 vie di somministrazione scelte tra orale, inalatoria e cutanea) Irritazione cutanea su coniglio Irritazione oculare su coniglio Sensibilizzazione cutanea su cavia Tossicità subacuta (28 giorni) su roditori Mutagenicità (inclusi i test di pre-screening di cancerogenesi)
<b>STUDI ECOTOSSICOLOGICI</b>
Tossicità acuta su pesce Tossicità acuta su Daphnia Degradazione biotica ed abiotica (BOD e BOD/COD)

Tabella 2. STUDI TOSSICOLOGICI PRESCRITTI DALLA DIRETTIVA CEE 79/831 AL LIVELLO 1 (100 t/anno o 500 t di produzione totale)

<b>STUDI TOSSICOLOGICI RICHIESTI IN AGGIUNTA A QUELLI DEL LIVELLO 0</b>
Studi di fertilità su una generazione (1 specie e via di esposizione più appropriata) Teratogenicità su roditori (1 specie e via di somministrazione più appropriata) Tossicità subcronica e/o cronica su roditori (1 specie e via di somministrazione più appropriata) Mutagenicità (ulteriori studi inclusi i test per lo screening di cancerogenesi)
<b>STUDI ECOTOSSICOLOGICI RICHIESTI IN AGGIUNTA A QUELLI DEL LIVELLO 0</b>
Inibizione della crescita algale (su una specie) Tossicità prolungata (21 giorni) su Daphnia Magna Test su piante superiori Test su lombrichi Tossicità prolungata (14 giorni) su pesce Test di bioaccumulazione su pesce Studio di biodegradazione prolungata

Tabella 3. STUDI TOSSICOLOGICI PRESCRITTI DALLA DIRETTIVA CEE 79/831  
AL LIVELLO 2 (1000 t/anno o 5000 t di produzione totale)

<b>STUDI TOSSICOLOGICI RICHIESTI IN AGGIUNTA AL LIVELLO 1</b>
Studi di tossicità cronica su roditori Studi di cancerogenesi Studi di fertilità su tre generazioni Studi di teratogenicità su specie non-roditori Studi di tossicità acuta e subacuta su una seconda specie Studi di tossicocinetica
<b>STUDI ECOTOSSICOLOGICI RICHIESTI IN AGGIUNTA AL LIVELLO 1</b>
Ulteriori studi di accumulo, degradazione e mobilità Studi di tossicità prolungata su pesce (inclusa la riproduzione) Ulteriori studi di tossicità (acuta e subacuta) su uccelli (se fattore di bioaccumulo > 100) Ulteriori studi su altri organismi Studi di adsorbimento-desorbimento (se sostanza non particolarmente degradabile)

Gli studi di tossicità acuta, ad esempio, sono rilevanti per la predizione di potenziali effetti su esseri umani esposti in modo accidentale a dosi quasi letali. I risultati di questi studi possono essere un utile strumento per definire procedure di pronto soccorso e/o efficaci terapie di intervento.

I test di tossicità a breve termine e medio termine sono validi strumenti nell'evidenziare effetti tossici più particolari, possibili effetti di tossicità cumulativa e la reversibilità degli effetti al cessare dell'esposizione. Scopo di questi test è l'identificazione di potenziali pericoli per l'uomo in seguito ad esposizioni di media durata (2-6 anni di esposizione umana rispettivamente per 28 - 90 giorni di esposizione della specie ratto).

I test di tossicità cronica assumono invece estrema importanza nello stabilire il possibile rischio umano, più in particolare il rischio cancerogeno, per esposizioni a lungo termine a basse dosi di contaminanti ambientali. In tale situazione, risulta chiaro che sostanze ad elevata persistenza ambientale o che si concentrano nella biosfera, e che possono quindi interessare larghi segmenti della popolazione, rappresentino una reale preoccupazione.

Relativamente poi ai possibili effetti tossici sull'ambiente conseguenti all'immissione/emissione di sostanze pericolose, i test ecotossicologici condotti su pesce, Daphnia o alcune specie algali, pur non essendo sufficientemente rappresentativi della composizione ambientale, possono contribuire in maniera consistente alla definizione dei possibili rischi per l'esistenza, lo sviluppo e la riproduzione degli ecosistemi coinvolti.

Tuttavia, ogni volta che si deve valutare il rischio tossicologico per uomo ed ambiente, esistono una serie di aspetti problematici che può essere utile evidenziare.

## PREDITTIVITA' DEI MODELLI SPERIMENTALI

I modelli predittivi sperimentali, pur essendo un passo necessario per la valutazione della innocuità di una determinata sostanza per uomo, vita selvatica ed ecosistemi ambientali, presentano una serie di limitazioni. La predittività dei modelli sperimentali dipende molto spesso da una serie di fattori che riguardano gli individui esposti: caratteristiche genetiche, stato nutrizionale, condizioni di salute e circostanze ambientali di esposizione.

I test tossicologici riportati nelle Tabelle 1, 2 e 3 sono di norma condotti sulle specie animali più sensibili e caratterizzate da un metabolismo il più simile possibile all'uomo, su individui sani appartenenti a ceppi geneticamente omogenei e stabulati in controllate condizioni ambientali e di alimentazione. E' chiaro che esperimenti condotti in tale situazione abbiano un potere predittivo molto limitato nei confronti di particolari individui o gruppi a rischio presenti nella popolazione umana. Basti pensare agli individui geneticamente predisposti ad una maggiore suscettibilità ad agenti tossici o cancerogeni, alle persone sotto stress o trattate con farmaci immunosoppressori o semplicemente malate, ai bambini ed agli anziani normalmente presenti nella popolazione generale (tutte queste categorie vengono escluse dai possibili benefici derivanti da questo tipo di sperimentazione). Nel caso della sensibilizzazione cutanea si osserva invece una situazione opposta; numerose volte la cavia, animale estremamente sensibile, manifesta reazioni allergiche a sostanze che non hanno alcun potere allergenico per l'uomo (i falsi positivi non sono rari).

La scelta del modello sperimentale può essere condizionata, oltre che dalla analogia fisiologica con l'uomo, da fattori logistici quali stabulazione, approvvigionamento, capacità di riproduzione, velocità di accrescimento e sviluppo, possibilità di trattamento nelle condizioni sperimentali richieste e tempo di vita sufficientemente breve (2-3 anni massimo per i roditori) da consentire la facile osservazione dei possibili effetti conseguenti ad esposizioni sperimentali croniche, corrispondenti ad esposizioni croniche dell'uomo.

Recenti studi hanno evidenziato che per quanto riguarda la cancerogenesi sperimentale, i test condotti su animali da laboratorio concordano abbastanza bene con i risultati di studi epidemiologici, cioè che le sostanze caratterizzate da qualche evidenza epidemiologica per l'uomo, mostrano una sufficiente evidenza di cancerogenesi sugli animali da esperimento (Dybing, 1986) e che la maggior parte dei test di cancerogenesi è stata positivamente condotta sulle specie topo e ratto (83% e 61% dei 23 cancerogeni classificati dallo IARC nel gruppo I di rischio) (Bucchi et al., 1988a).

Molto spesso, poi, la valutazione sperimentale del rischio tossicologico riguarda la singola sostanza o composto, trascurando le possibili interazioni (effetti additivi, moltiplicatori e di potenziamento) che si possono presentare nella popolazione generale, normalmente esposta a cocktail di contaminanti. Tale molteplicità di esposizione ambientale

è anche responsabile dell'estrema difficoltà (in alcuni casi impossibilità) di definizione per la popolazione generale di un nesso causale tra esposizione ambientale ad una determinata sostanza o classe di sostanze ed effetti riscontrati nella popolazione.

### VIE E LIVELLI DI ESPOSIZIONE

Da un punto di vista tossicologico la via di esposizione, o via di ingresso di contaminanti nell'organismo, è un fattore determinante nella manifestazione e modulazione degli effetti. E' infatti ben noto come una sostanza tossica testata per diverse vie di esposizione possa agire in modi estremamente diversi sull'organismo determinando, ad esempio, effetti locali, al sito di esposizione, o sistemici che si manifestano solo dopo assorbimento e distribuzione del tossico nell'organismo; in quest'ultimo caso gioca un ruolo fondamentale la velocità di assorbimento che può variare considerevolmente a seconda della via di esposizione (velocità di assorbimento decrescente per inalazione, via orale e cutanea). Il caso degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) può rappresentare un utile esempio; i dati attualmente disponibili indicano che tali sostanze sono in grado di indurre tumori sperimentali per via cutanea, al sito di contatto, e per via inalatoria (tumori polmonari), mentre non sembrano interagire chiaramente con l'organismo se somministrati per via orale.

Anche se uno dei criteri generalmente adottati nella scelta della via di esposizione sperimentale fa riferimento alla possibile via di esposizione umana, variabili specifiche correlate alla via di esposizione, quali ad esempio la velocità di assorbimento, il possibile sito di azione, i processi di biotrasformazione e la suscettibilità di specie diverse in base alla via di esposizione dovrebbero essere considerate (WHO, 1978).

La conoscenza del tipo di biotrasformazione (detossificazione o tossificazione) di una sostanza chimica, prima che giunga a contatto di specifici siti di azione, è fondamentale per la previsione dei possibili effetti derivanti da varie vie di esposizione. E' ad esempio chiaro che piccole dosi orali od intraperitoneali di sostanze a tossicità primaria (o diretta), assorbite e trasportate attraverso la circolazione portale, possono essere agevolmente detossificate nel fegato, impedendo così il raggiungimento di concentrazioni dannose ai siti bersaglio, contrariamente a ciò che accade a livello di cute e polmoni dove le capacità di detossificazione sono invece piuttosto limitate.

Altro aspetto problematico è quello della dose o livello di esposizione; con tale termine in genere si intende la quantità di sostanza chimica somministrata (generalmente espressa per unità di peso corporeo); tuttavia nella maggioranza dei processi di assorbimento il trasporto attraverso membrana è incompleto e la dose assorbita e realmente efficace sul bersaglio (effective dose) rappresenta solo una frazione della dose somministrata (applied dose). Tuttavia quando il sito di azione tossica è situato o è

prossimo al sito di applicazione (ad es. danno cutaneo) la dose tissutale può essere stimata in modo abbastanza affidabile, mentre quando il sito è distante (es. cellula epatica) la stima di dosi tossicologicamente attive diviene meno affidabile.

Ad oggi, la stragrande maggioranza delle stime di rischio tossicologico sono basate sulla dose o livello di esposizione che ha lo svantaggio di non considerare sicure differenze metaboliche tra specie, possibili differenze nelle reazioni metaboliche ad alte e basse dosi, e di non differenziare tra composto iniziale e suoi metaboliti o combinazione di tossici.

La pressante esigenza di una stima della dose realmente efficace, della dose responsabile dell'effetto tossico sul bersaglio, spinge la moderna ricerca tossicologica verso una maggiore e puntuale conoscenza dei meccanismi di assorbimento, distribuzione, accumulo, biotrasformazione ed escrezione del composto originario e/o dei suoi metaboliti ed allo sviluppo ed introduzione nella stima quantitativa del rischio di dati metabolici, farmacocinetici e di legame macromolecolare che consentano, sulla base della comparazione dei processi fisiologici in specie diverse, una stima ottimale del rischio per l'uomo.

### **EFFETTO E RISPOSTA**

**Effetto e risposta** sono due termini che molto spesso vengono utilizzati come sinonimi per indicare un cambiamento biologico in un individuo od una popolazione, associato ad una esposizione o dose. Più esattamente si indica col primo termine un cambiamento biologico mentre il termine risposta sta ad indicare la frazione della popolazione che manifesta un determinato effetto.

Problematico e controverso risulta, in quest'ambito, definire un effetto come **avverso** o **non-avverso** poichè alcune variazioni fisiologiche possono rimanere in un range di normalità e talvolta è molto difficile distinguere un cambiamento fisiologico da un danno funzionale e/o morfologico. Un range di "normalità" può in genere essere stabilito sulla base dei valori osservati in un gruppo di individui presumibilmente sani, espresso statisticamente dall'intervallo compreso nel 95% dei limiti di confidenza della media o, per i singoli individui, nel 95% dei limiti di tolleranza stabiliti con un certo grado di confidenza (WHO,1978). Se però guardiamo alla popolazione generale, composta da individui eterogenei a diversa suscettibilità (bambini, adulti, anziani e donne in stato di gravidanza) la possibilità di definire un range di normalità diviene molto problematica. Tuttavia la semplice analisi statistica dei dati ed il confronto col gruppo di controllo non è sufficiente da sola a stabilire la distinzione tra effetto avverso e non-avverso, ma necessita concomitanti considerazioni biologiche. Ad esempio un cambiamento biologico che, pur rimanendo all'interno del range di normalità, persista per un periodo considerevole al cessare dell'esposizione o che in condizioni di stress funzionale o biochimico vada al di là dei valori di normalità deve essere considerato come danno.

La differenziazione tra effetto avverso e non-avverso richiede quindi una considerevole conoscenza dei cambiamenti reversibili e delle sottili variazioni funzionali e/o lesioni patologiche che possono interferire col normale funzionamento dell'organismo e che possono influire sulle capacità di adattamento a possibili sollecitazioni addizionali (per es. lo stress). A titolo esemplificativo, una semplice ipertrofia epatica ed induzione di enzimi microsomiali va considerata come un semplice adattamento omeostatico mentre un minore accrescimento corporeo per la presenza di elevati livelli di contaminanti nel cibo o un diminuito consumo di cibo a causa della non palabilità del cibo sono dei normali processi fisiologici.

In tutto questo, non va sottovalutata la possibilità di non evidenziare il danno per problemi legati alla programmazione sperimentale, quali numero inadeguato di animali trattati o tempo di osservazione troppo limitato.

Altri due aspetti importantissimi da considerare nella valutazione del rischio per uomo ed ambiente sono la reversibilità ed irreversibilità degli effetti. Per definizione, gli effetti reversibili sono quelle deviazioni dalla normale struttura o funzione che, al cessare dell'esposizione, rientrano nel range di normalità; sono invece dette irreversibili quelle alterazioni che persistono o possono progredire anche al termine dell'esposizione, come nel caso dei tumori maligni, malformazioni, mutazioni nella prole di animali esposti, alcune malattie neurologiche croniche, cirrosi ed enfisema. Molto spesso, poi, la reversibilità può essere spesso funzione dell'esposizione, cioè reversibile se l'esposizione è di breve durata e/o a basse concentrazioni, irreversibile per elevate concentrazioni e/o per tempi di esposizione a più lunga durata.

Il grado di reversibilità può essere facilmente testato per via sperimentale prevedendo, nei test tossicologici a breve e medio termine, un gruppo sperimentale satellite, trattato con la dose massima di somministrazione e mantenuto per un certo periodo (15 giorni o più, a seconda dei casi) nelle condizioni sperimentali, con sospensione del trattamento, per verificare la regressione della patologia ed il ritorno alle condizioni di normalità.

#### **RELAZIONI DOSE-EFFETTO, DOSE-RISPOSTA E SOGLIE DI TOSSICITA'**

Uno degli scopi principali dei test tossicologici è la definizione della relazione dose-effetto o dose-risposta, cioè la relazione esistente tra dose e magnitudo di un effetto graduato su un individuo o una popolazione o tra la dose e la proporzione di individui di una popolazione che rispondono con un determinato effetto.

Nella programmazione sperimentale è necessario che la numerosità delle dosi e dei gruppi sperimentali sia scelta in funzione della significatività statistica dei risultati; un minimo di 4-5 dosi, ad esempio, può essere un buon punto di partenza per una minima stima quantitativa di rischio tossicologico. Condizione ideale, per una buona definizione

della relazione dose-risposta è che il numero delle dosi di trattamento sia maggiore nella regione delle basse dosi rispetto a quella delle alte e che la numerosità nei gruppi sperimentali sia più elevata alle basse dosi dove la frequenza di risposta attesa è più bassa.

Nell'analisi statistica dei dati è inoltre necessario puntare l'attenzione non solo sul confronto statistico a coppie tra dosi scalari di trattamento e gruppo di controllo, ma anche a tutto l'andamento ed alla significatività del trend sia per gli effetti irreversibili che per i reversibili. La caratterizzazione del tipo di relazione (lineare, sublineare o soprilineare, mediante procedure matematiche e statistiche) fornisce preziose informazioni sui possibili rischi in funzione della dose. E' chiaro che ciascuna relazione dose-risposta sarà caratteristica delle specifiche condizioni sperimentali in cui è stata determinata e che pur operando sulla stessa specie animale e stessa sostanza, una variazione delle condizioni sperimentali (p. es. distribuzione della dose nel tempo) può determinare variazioni nell'andamento della curva.

La soglia di tossicità è un concetto strettamente legato alla relazione dose-effetto e dose-risposta; inoltre è sempre opportuno distinguere tra soglia per l'individuo, per un limitato gruppo di individui o per la popolazione generale.

In genere i tossici (convenzionali e non) sono caratterizzati da una stretta dipendenza tra dose ed effetto o risposta, ed in linea di principio l'intensità di effetto o risposta diminuisce al decrescere della dose e, talvolta, la reazione biologica raggiunge lo zero (o la reazione del gruppo di controllo) prima che la dose sia uguale a zero; in altre parole al di sotto di un certo limite di esposizione o dose, cioè al di sotto della soglia, un tossico può non determinare alcun effetto o risposta.

L'esistenza di una soglia di effetto è molto dibattuta in campo scientifico; alcuni autori hanno ad esempio prodotto dati che dimostrano che piccole dosi di tossici ambientali possono non raggiungere il sito bersaglio grazie alla velocità di eliminazione o alla degradazione metabolica che risultano più efficaci ai piccoli dosaggi, oppure che l'esistenza di efficaci sistemi di riparo consente, seppure in caso di interazione tossico-recettore, la non comparsa di effetti tossici.

Nel caso di effetti tossici di tipo stocastico (neoplasie e mutazioni) si è invece assunto da parte di altri autori che una singola molecola che raggiunga il bersaglio sia sufficiente ad attivare un processo che può progressivamente condurre alla comparsa del danno anche se altri asseriscono che i cancerogeni e mutageni pur avendo speciali proprietà, riguardo a natura e caratteristiche del danno, sono soggetti alle stesse interazioni fisico-chimiche e biologiche che determinano la presenza di una dose soglia per le altre sostanze chimiche. Tuttavia le difficoltà insite nella determinazione di una soglia in una vasta popolazione di individui eterogenei e variamente suscettibili e l'impossibilità di dimostrare sperimentalmente livelli privi di effetto non devono essere ignorate; infatti, all'interno di un gruppo sperimentale, una dose può apparire priva di effetto per varie ragioni:

- perchè la dose è realmente al di sotto del no-effect-level (NEL) teorico;
- il numero di animali del gruppo in questione è troppo limitato, oppure
- il tempo di osservazione è troppo limitato (potrebbe essere questo il caso della mancata comparsa di tumori che generalmente richiedono, per manifestarsi, un lungo periodo di latenza).

Il concetto di soglia è quindi strettamente legato al no-effect-level (NEL) o meglio denominato no-observed-effect-level (NOEL), valore sperimentale statisticamente derivato, stimato con un intervallo di confidenza del 95% e quindi con una probabilità del 5% che il valore stimato possa essere un errore. Inoltre, nel caso in cui si voglia osservare su un gruppo di 100 animali un effetto tossico che si manifesti nell'1% dei casi, è bene tener presente che in più di 1/3 dei casi è possibile non osservare alcun effetto. Le cose si complicano ulteriormente quando lo stesso effetto compaia nel gruppo di controllo, allora le speranze di poterlo identificare in gruppi a limitata numerosità campionaria divengono sempre più remote.

Inoltre, è opportuno evidenziare come un NOEL a sè stante abbia in realtà un valore limitato e non risulti di per sè sufficiente alla definizione di una soglia di effetto qualora non sia accompagnato dal supporto della stima del lowest-observed-adverse-effect-level (LOAEL) (Federal Register, 1980), che consente di valutare fino a che punto il NOEL stimato sia vicino e rappresenti la soglia di effetto. Potrebbero infatti verificarsi casi in cui il NOEL stimato sia molto al di sotto della soglia di effetto (anche di qualche ordine di grandezza); in tale caso la presenza del LOAEL può dare utili indicazioni sulla reale soglia di effetto o altrimenti sulla scelta delle dosi nella programmazione di successive sperimentazioni.

E' chiaro che, parimenti a quanto avviene nella relazione dose-effetto o dose-risposta, il NOEL stimato sarà specifico delle determinate condizioni sperimentali che lo hanno prodotto; che la variazione di anche uno solo dei fattori sperimentali (specie, ceppo, tempo di esposizione, ecc.) determinerà una variazione più o meno consistente del NOEL e che all'interno della sperimentazione si dovrà analizzare un NOEL per ciascuna relazione dose-effetto considerata. La "safe dose" o dose corrispondente ad un rischio praticamente trascurabile per l'uomo dovrà quindi essere stabilita sulla base dell'analisi globale dei NOEL sperimentali, della tipologia e gravità del danno, e della sensibilità della specie. Tale processo di valutazione richiede normalmente il giudizio scientifico di esperti che consenta, a seguito di ampio dibattito, la distinzione tra effetti avversi e non, la definizione e la scelta di un NOEL di effetto per l'animale, che sarà successivamente utilizzato per la definizione di una dose "ragionevolmente protettiva" per la salute umana.

## ESTRAPOLAZIONE ANIMALE-UOMO

L'estrapolazione dei dati sperimentali dall'animale all'uomo si scontra normalmente con due problemi principali:

- estrapolazione dei risultati dalle alte alle basse dosi
- estrapolazione interspecie animale-uomo.

Il primo tipo di estrapolazione è reso necessario dal fatto che gli studi sperimentali sono normalmente condotti con dosi sperimentali più elevate dei livelli ambientali e quindi con un'incidenza di danno superiore a quella accettabile nell'uomo (lo stesso problema si presenterebbe tuttavia anche quando si ricorresse, come punto di partenza, a dati di esposizioni accidentali umane o a dati epidemiologici), al fine di evidenziare una risposta positiva in gruppi sperimentali piuttosto limitati nella numerosità campionaria. Infatti, il numero di animali utilizzato negli esperimenti di tossicità è generalmente piccolo se paragonato alla dimensione della popolazione umana potenzialmente coinvolta.

L'estrapolazione interspecie è invece un passo determinato dalla possibilità di prevedere attraverso la sperimentazione animale i possibili effetti tossici sull'uomo grazie alla similarità anatomico-fisiologiche esistenti tra le specie mammifere. Le differenze di sensibilità tra uomo ed altre specie animali sono prevalentemente imputabili a differenze quantitative nelle risposte tossiche e solo eccezionalmente a differenze qualitative. Non sempre, però, l'animale è più sensibile dell'uomo; ad esempio, nel caso di atropina, morfina e nicotina, l'uomo è da 100 a 350 volte più sensibile delle specie animali. Relativamente alla sensibilità all'azione cancerogena di alcune sostanze, il topo presenta una maggiore sensibilità rispetto al ratto per cloruro di vinile monomero, percloroetilene e cloroformio, mentre il ratto è più sensibile del topo all'aflatossina.

Frequentemente è possibile riscontrare una diversa sensibilità in ceppi della stessa specie. La diversa sensibilità ai tossici di specie e ceppi diversi è determinata, essenzialmente, dal differente destino delle sostanze chimiche nell'organismo ed è imputabile a differenze quali-quantitative nei processi di biotrasformazione e nella diversa velocità di assorbimento, trasporto, distribuzione ed eliminazione dei tossici e, quindi, ad una diversa relazione tra dose diretta di esposizione e concentrazione al sito bersaglio.

Quanto sopra esposto fa comprendere quanto sia importante considerare le differenze metaboliche animale-uomo, relative ad una determinata sostanza, al momento della selezione del modello sperimentale; purtroppo, nel caso di nuove sostanze chimiche, l'assenza di informazioni metaboliche rappresenta un considerevole handicap.

L'intero processo di estrapolazione animale-uomo è indubbiamente affetto da un consistente livello di incertezza di ordine biologico e matematico-statistico; tuttavia è un utile strumento per la valutazione della tossicità delle sostanze prima della loro immissione nell'ambiente, del loro contatto con l'uomo e della produzione di possibili danni. Tale

incertezza colpisce indifferentemente sia le stime di rischio per tossici convenzionali (caratterizzati da soglia di tossicità e reversibilità di effetti), che si avvalgono dell'uso del NOEL e del fattore di sicurezza per stabilire una dose o livello di esposizione virtualmente sicura per l'uomo, che la valutazione di rischio per i tossici genotossici o cancerogeni (caratterizzati invece da irreversibilità degli effetti, assenza di soglia e lungo periodo di latenza) dove invece si ricorre all'uso di modelli matematici di estrapolazione a basse dosi e all'uso di fattori di conversione interspecie, per stimare il rischio associato a bassi livelli di esposizione o le dosi corrispondenti a determinati livelli di incremento di rischio ( $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  o  $10^{-7}$ ).

#### a) Estrapolazione per tossici convenzionali

Come già accennato in precedenza, i problemi principali risiedono nell'uso del NOEL e del fattore di sicurezza (FS). Nel paragrafo relativo alle soglie di tossicità si è già discusso ampiamente a proposito delle problematiche del NOEL, generalmente legate all'interpretazione di un effetto come avverso o non avverso, alla programmazione sperimentale ed alla significatività biologico-statistica dei dati. Il NOEL scelto per la definizione della dose accettabile o tollerabile sarà quello stimato sulla specie più sensibile, tuttavia quando non sia possibile stimare il NOEL dai dati sperimentali disponibili, si può ricorrere, in via provvisoria, all'uso del LOAEL ed all'applicazione di un fattore di sicurezza maggiore rispetto al previsto (in genere 1000). E' evidente che l'apporto di nuovi dati sperimentali o la stima di un NOEL a concentrazioni più basse, comporterà una rivalutazione, sulla base dei nuovi risultati, degli standard già stabiliti.

L'introduzione del FS, fattore arbitrario derivante da valutazioni complesse e talora soggettive, ha lo scopo di supplire alle incertezze di estrapolazione animale-uomo, in particolare a quelle legate al passaggio da un piccolo gruppo, geneticamente omogeneo di animali da laboratorio, ad un grande gruppo, altamente eterogeneo quale la popolazione umana, con individui geneticamente predisposti o con aumentata suscettibilità.

Pur essendo questa procedura di estrapolazione continuamente utilizzata a livello nazionale ed internazionale, per stabilire gli Acceptable Daily Intake (ADI), i Tolerable Daily Intake (TDI) ed i vari standard di qualità dell'aria, acqua e suolo, è piuttosto raro trovare una precisa linea guida sulla scelta dell'entità del FS. La scelta di tale valore dipende in genere da fattori quali:

- natura dell'effetto,
- dimensione e tipo della popolazione da proteggere,
- quantità e qualità dell'informazione tossicologica disponibile.

Invece, agenzie quali l'OMS (1978) e l'EPA (1980) (v. Tabella 4) hanno stabilito dei criteri di scelta del FS che possono rappresentare un utile punto di riferimento.

**Tabella 4. CRITERI EPA PER LA SCELTA DEL FATTORE DI SICUREZZA (FS)**  
(Federal Register, 1980).

<p><b>FS = 10</b> - Validi risultati sperimentali da studi di ingestione sull'uomo ed assenza di cancerogenicità.</p> <p><b>FS = 100</b> - Non disponibilità di dati o insufficienti risultati sperimentali di ingestione umana (p. es. solo esposizione acuta), validi risultati di studi a lungo termine per via orale su animali da esperimento, o in assenza di studi umani, validi studi su una o più specie animali. Nessuna indicazione di cancerogenicità.</p> <p><b>FS = 1000</b> - Nessun dato umano di tossicità a lungo termine o acuta. Insufficienti risultati di sperimentazione animale con nessuna indicazione di cancerogenicità.</p>
---

**b) Estrapolazione per agenti genotossici e cancerogeni**

Nel caso di tali sostanze, la non accettabilità di una soglia di effetto impedisce l'uso del NOEL e del FS. Si ricorre pertanto all'uso dei modelli matematici per l'estrapolazione a basse dosi e ad un fattore di conversione nel passaggio animale-uomo che tenga conto di alcuni parametri biologici caratteristici di ciascuna specie.

Più che le caratteristiche dei singoli modelli matematici impiegati nell'estrapolazione a basse dosi, facilmente rintracciabili in letteratura (Federal Register, 1980, 1984; Food Safety Council, 1980), sembra opportuno menzionare alcuni problemi connessi a questa procedura.

Il processo di estrapolazione a basse dosi è caratterizzato da un significativo livello di incertezza, legato a diversi fattori:

- incertezza dei dati,
- limitatezza numerica dei campioni,
- incertezza nella selezione del modello ottimale,
- incertezza nel fitting del modello.

I primi due fattori e l'incertezza del fitting del modello sono direttamente correlati alla qualità del disegno sperimentale. Dell'importanza del disegno sperimentale (numero di animali e di gruppi sperimentali) si è già discusso a proposito delle relazioni dose-effetto e dose-risposta, tuttavia in quest'ambito è opportuno evidenziare come un carente disegno sperimentale possa condurre all'erronea o mancata identificazione di un trend (ad esempio identificazione di un trend lineare come sublineare) e di conseguenza alla possibile sottostima dei valori di rischio calcolati sulla base di quel trend. Uno studio teorico di simulazione, condotto per analizzare l'incertezza statistica dei metodi di estrapolazione a basse dosi (Lupi et al., 1986) ha inoltre evidenziato che un incremento del numero di dosi di trattamento può migliorare significativamente l'efficienza sperimentale rispetto al semplice incremento del numero di soggetti su pochi gruppi sperimentali.

L'incertezza nella selezione del modello ottimale rappresenta, poi, un punto cruciale: infatti l'assenza di un'opinione definitiva sui meccanismi di cancerogenesi rende difficile una selezione "a priori" di un modello matematico "vero" rappresentativo delle relazioni dose-risposta che si va ad analizzare. Esistono diversi modelli matematici, tutti basati su ragionevoli assunzioni teoriche e talvolta due o più modelli matematici, il cui adattamento ai punti sperimentali è ugualmente buono o non differente in modo statisticamente significativo, può condurre a stime di rischio a basse dosi significativamente diverse (le differenze possono raggiungere anche diversi ordini di grandezza) (Zapponi et al., 1986).

L'insieme di queste incertezze richiede necessariamente un approccio cautelativo alle stime del rischio cancerogeno (parimenti a quanto deve avvenire per i tossici convenzionali). Un considerevole numero di studi, condotti negli anni più recenti, hanno consentito un considerevole miglioramento delle procedure di estrapolazione a basse dosi e la definizione di adeguate procedure conservative per prevenire significative sottostime dei rischi valutati mediante estrapolazione a basse dosi. Il "Multistage linearizzato" (Federal Register, 1980), che ricorre all'uso del limite di confidenza superiore della componente lineare del modello Multistage (assunzione di un comportamento sempre lineare per basse dosi ed assenza di una soglia) è forse la procedura al momento più utilizzata.

Tuttavia, mentre tale procedura stima con sufficiente cautela il rischio da andamenti lineari o sublineari, risulta non idonea a descrivere andamenti curvilinei di tipo sopralineare. In questi casi, al decrescere della dose, il rischio decresce più lentamente di un andamento lineare, quindi una stima di rischio effettuata con un modello che può assumere solo andamenti lineari o sublineari porterebbe ad una sottostima del rischio, anche di diversi ordini di grandezza. In questo caso la semplice introduzione nel modello Multistage di una funzione della dose  $d$  ( $f(d)$  - nel caso particolare della funzione di Michaelis-Menten) (Gehring et al., 1979; Anderson et al., 1980) che tenga conto dei possibili processi metabolici cui sottostà la sostanza (ad esempio fenomeni di attivazione metabolica per i cancerogeni secondari), determina un miglior adattamento ai dati sperimentali e quindi una migliore stima del rischio cancerogeno.

L'estrapolazione interspecie viene generalmente effettuata in termini di dose equivalente animale-uomo, riferita al peso corporeo o alla superficie corporea ( $D_u = D_a \cdot P_u/P_a$  dove  $D_u$  e  $D_a$  sono le dosi a rischio per uomo ed animale, rispettivamente, e  $P_u$  e  $P_a$  il parametro umano e animale: peso o superficie corporea).

La riproducibilità delle stime di rischio è un altro problema cruciale; recenti studi di confronto di relazioni dose-risposta plurime relative a cloruro di vinile monomero, sodio saccarina e diclorometano, prodotte da sperimentatori diversi, hanno mostrato una elevata riproducibilità delle stime, non solo tra esperimenti, specie e ceppi diversi, ma anche nelle stime ottenute da relazioni dose-risposta di tumori di diversa gravità, in diversi organi bersaglio e su sessi diversi (i limiti di confidenza superiore della componente lineare  $K_1$  sono praticamente confrontabili) (Zapponi e Bucchi, 1987, Zapponi et al., 1988).

Altro aspetto problematico è quello degli agenti promotori; grande è la discussione sulla presenza o meno di una soglia di effetto per queste sostanze. Studi recentemente condotti nel nostro Istituto su un certo numero di promotori sembrano indicare che mentre si può ipotizzare una soglia di effetto o risposta nella relazione dose-tempo di alcune di queste sostanze, ciò non sia ipotizzabile per la relazione dose-risposta in quanto miglioramenti del disegno sperimentale dei test di cancerogenesi rendono possibile l'identificazione della presenza di una seppur piccola componente lineare (Bucchi et al., 1988b). Inoltre, l'analisi comparata di trattamenti con solo promotore o iniziatore+promotore mostrano nel confronto delle relazioni dose-risposta (per lo stesso tipo di tumore) che non solo si verifica un innalzamento della frequenza di risposta, ma anche un totale cambiamento della forma della curva con passaggio, per la sodio saccarina, da un andamento sublineare (somministrazione di solo promotore) ad uno sopralineare (pretrattamento con iniziatore) (Zapponi et al., 1986; Bucchi et al., 1988b). In termini di rischio ciò vuol dire il ribaltamento del trend a basse dosi, con il passaggio da una situazione di lento incremento del rischio al crescere della dose, ad una di rapido incremento al crescere della dose con l'ipotesi di una azione selettiva del promotore su un pool di cellule già iniziate, fino ad una saturazione del fenomeno di promozione alle alte dosi. Se ricollegato alla normale situazione di esposizione della popolazione umana, tale quadro dovrebbe fare riflettere sulla incongruenza di dibattere l'ipotesi di una soglia di cancerogenicità per i promotori, quando invece questi sembrano esercitare una pressione selettiva su cellule già iniziate dell'organismo esposto a cocktail di cancerogeni ambientali, determinando andamenti rischio molto più pericolosi del semplice andamento lineare.

### CONCLUSIONI

Risulta chiaro, da quanto analizzato e discusso, che la valutazione degli effetti tossici per uomo ed ambiente è un esercizio estremamente complesso, problematico ed affetto da considerevole livello di incertezza. Tuttavia un approccio cautelativo che, valutando tutti i possibili aspetti, giunga alla stima di una ipotesi conservativa che comprenda la maggior parte delle possibili situazioni reali (limite di confidenza del 95%), è indispensabile e sembra essere l'unica via ragionevole ed attuabile al momento.

E' chiaro che una migliore progettazione sperimentale, nuove conoscenze sulle differenze interspecie relative alle biotrasformazioni e alla tossicocinetica delle sostanze chimiche, l'integrazione di modelli sperimentali in vivo e in vitro, lo studio dei possibili meccanismi d'azione cancerogena e del legame al DNA, la considerazione di parametri farmacocinetici nelle stime di rischio cancerogeno e, non ultimo, lo studio delle possibili interazioni tra tossici sono elementi indispensabili alla riduzione delle incertezze biologico-statistiche che attualmente accompagnano il processo del risk assessment tossicologico.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON M. W. et al. (1980). - A general scheme for the incorporation of pharmacokinetics in low dose risk estimation for chemical carcinogenesis: example vinyl chloride. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 55, 154.
- BUCCHI A.R. et al. (1988a). Animal species and strains used to test chemical carcinogens: results of a preliminary study. *Biomed. Environ. Sci.* 1, 171-183.
- BUCCHI A.R. et al. (1988b). Dose-response relationships in rodents of promoter carcinogens: a tentative interpretation of some down-ward trends. *Biomed. Environ. Sci.* 1, 184-193.
- Direttiva CEE 79/831 (1979). Direttiva CEE sulle nuove sostanze chimiche.
- DYBING E. (1986). Predictability of human carcinogenicity from animal studies. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 6, 399.
- Federal Register (1980). EPA - Water quality criteria documents: availability. *U.S. Federal Register* 45 (231), 79318.
- GEHRING P.J. et al., (1979). Risk of angiosarcoma in workers exposed to Vinyl chloride as predicted from studies in rat. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 49, 15.
- LUPI C. et al. (1986). Low-dose extrapolation and computer simulation in risk assessment procedures for carcinogenic compounds. In: *Physics in environmental and biomedical research*. Onori & Tabet eds. p. 477-480.
- STERN R. & E. GIROULT (1989). *Environmental & Health Impact Assessment for Consumer Products, Development Projects and Development Policies* (v. articolo 1 di questo lavoro).
- ZAPPONI G.A. et al., (1986). Procedures for quantitative risk assessment for environmental carcinogens: some critical considerations. In: *Environmental Quality and Ecosystem Stability*. Vol III A/B. Bar-Ilan University Press. Dubinsky & Steinberger Ed., 631-640.
- ZAPPONI G.A. & BUCCHI A.R. (1987). Diclorometano: analisi matematico-statistica del rischio cancerogeno legato a particolari usi della sostanza (caffè decaffeinato e lacche per capelli). Rapporto ISTISAN 87/51, pp.49.
- ZAPPONI et al. (1988). Reproducibility of low-dose extrapolation procedure: comparison of estimates obtained using different rodent species and strains. *Biomed. Environ. Sci.* 1, 160-170.
- WHO (1978). Principles and methods for evaluating toxicity of chemicals. Part 1. *Environmental Health Criteria* n. 6. Geneva.

## NOTE SULL'USO DEI MODELLI DI MALATTIA NELLA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE

A. Loizzo, P. Valente

Istituto Superiore di Sanità

Roma

### INTRODUZIONE

La valutazione del rischio per la salute di una data popolazione, in rapporto all'esposizione ad inquinanti ambientali di tipo chimico noti, è basata su un processo di analisi di elevata complessità, che ha in sé un grado di predittività differente a seconda della quantità e della qualità dei fattori ambientali e organici considerati e anche della qualità e dell'entità del rischio ricercato. Pertanto ogni stima sarà approssimata, e non sarà mai l'immagine della realtà, poichè qualunque modello ci permetterà di produrre soltanto delle ipotesi limitate e schematiche su ciò che in realtà si esplica nella viva complessità di un organismo e di una popolazione umana. Un modello è formalmente corretto se tiene conto dei fattori di rischio della patologia che si vuole riprodurre, dei loro meccanismi di interazione e di produzione del danno, delle caratteristiche della popolazione sottoposta al rischio, della sensibilità della specie animale utilizzata, degli scostamenti del modello stesso dalla realtà.

### GRUPPI A RISCHIO

Il primo passo da compiere, nella valutazione del rischio per una sostanza chimica nota, è la definizione del gruppo a rischio. Esso sarà costituito da individui che rischiano esposti ad una stessa sostanza, relativamente :

- 1) alla vita sociale (attività lavorativa)
- 2) alle abitudini di vita (dieta, hobbies, consumi voluttuari)
- 3) all'ambiente di vita (abitazione, alimenti, acqua, aria, suolo).

Inoltre il rischio potrà essere ulteriormente aggravato, per particolari sottogruppi, ~~causa~~ delle loro caratteristiche individuali: genetiche (enzimatiche) fisiologiche (età, ~~metabolismo~~, gravidanza) patologiche (insufficienze d'organo o sistema). Una ~~definita~~ la popolazione e stimata l'esposizione, in termini di intensità e di durata, ~~se~~ il modello sperimentale sufficientemente sensibile e specifico per l'effetto da ~~essere~~ in evidenza (tossicità acuta, cronica, cancerogenicità, mutagenicità, teratogeni-

## SCELTA DEI MODELLI ANIMALI

Il principio di usare dei modelli animali per la valutazione degli effetti sistemici di inquinanti ambientali non è certo nuovo: ricorderemo l'antico sistema di sicurezza usato nelle miniere: i minatori portavano nei tunnel gabbie di canarini, come indicatori precoci di deprivazione di ossigeno o di accumulo di monossido di carbonio. I piccoli uccelli sono utili indicatori a causa del loro più rapido metabolismo, e quindi della maggior frequenza respiratoria rispetto all'uomo, per cui essi raggiungono un equilibrio rispetto ai componenti respiratori molto più rapidamente dell'uomo. In generale, qualsiasi condizione che induce una ipossia fatale negli uomini e negli uccelli diventa critica molto prima in questi ultimi, di modo che la caduta dell'animale, nel perimetro della gabbia, serve come spia precoce e l'uomo può mettersi in salvo. Come tutti i modelli animali anche questo modello ha dei limiti di applicabilità. Infatti sappiamo che l'affinità di legame dell'ossido di carbonio per l'emoglobina è solo di 110 per il canarino, mentre per l'uomo è circa 220. Questo significa che il sangue del canarino raggiungerà molto rapidamente lo stato stazionario, ma conterrà un tasso di carbossiemoglobina molto inferiore rispetto all'uomo (che abbia raggiunto lo stato stazionario), qualunque sia la concentrazione di CO ambientale. In tal modo per alte concentrazioni di CO ambientale (da 0.20% in su) il canarino raggiunge molto più rapidamente dell'uomo lo stato stazionario, risente prima gli effetti tossici e muore, avvisando così il minatore che può mettersi in salvo. Al contrario, per basse concentrazioni di CO (0.05-0.15%) il canarino raggiunge prima lo stato stazionario, ma il tasso di carbossiemoglobina nell'uccello è molto più basso di quello dell'uomo, così che l'uccello ne risente di meno, e l'uomo, una volta raggiunto lo stato stazionario, muore, avvisando così il canarino, che potrebbe mettersi in salvo, scambiando così paradossalmente il proprio "ruolo".

## SCELTA DELLA SPECIE

Occorre quindi tener conto dei vantaggi e degli svantaggi che i modelli animali presentano (v. Tabella 1). Inoltre si farà attenzione che la sperimentazione proceda correttamente in relazione ai diversi parametri: scelta delle dosi (quantità e frazionamento); vie di somministrazione; numero di trattati e di controlli; durata del trattamento; tempi di latenza per il manifestarsi dell'effetto; controllo dei fattori ambientali e di mantenimento; scelta dei test biochimici; scelta dei test comportamentali; esame istologico delle lesioni; analisi statistica adeguata dei risultati. Nella Tabella 2 sono riportati alcuni valori utilizzati per la valutazione del rischio, soprattutto in farmacologia e tossicologia acuta e cronica sperimentale, ma anche, entro certi limiti, per altre valutazioni più raffinate, come la cancerogenesi. Il risultato della sperimentazione si esprime con una curva dose/risposta, che rappresenterà dunque la valutazione del rischio specifico per il modello animale considerato, da cui si procederà per la stima del rischio relativo all'uomo.

Tabella 1. VANTAGGI DELL'USO DEL RATTO COME MODELLO SPERIMENTALE PER L'UOMO

- Buona conoscenza della specie	
- Piccole dimensioni	
- Prolificità	
- Breve periodo di gestazione	
- Rapida crescita	
- Durata breve della vita	
- Consumo di cibo secco, controllabile	
- Diverse vie di somministrazione di dosi	
- Bassi costi	
- Differenze specie -----<	anatomiche fisiologiche metaboliche nutrizionali comportamentali
- Varietà tra i ceppi	
- Mantenimento	
- Impossibilità di creare le condizioni ambientali umane (asposia, plurime)	

(da: Oser, 1981, modificata)

Tabella 2. VALORI UTILI PER LA COMPARAZIONE INTERSPECIE

	Uomo	Ratto	Topo
Peso corporeo (kg)	70	0.3	0.03
Superficie corporea (cm <sup>2</sup> )	18000	450	90
Tempo vita (anni)	70	2	1.75
Consumo di cibo (g/d)	1500	15	5
Consumo di acqua (ml/d)	2500	25	5
Aria respirata (l/d)	20000	200	40

(da: Crouch e Wilson, 1979, modificata)

### PREDITTIVITA' DEL MODELLO

Da quale grado di predittività sarà caratterizzata questa stima in termini qualitativi e quantitativi? I fattori che concorrono a determinare la predittività dei modelli animali concernono sia questioni teoriche che pratiche. La distorsione della stima dipenderà in primo luogo delle diverse sensibilità delle specie, cioè dalle loro caratteristiche genetico-metaboliche. Nella Tabella 3 sono riportati alcuni tentativi di definire numericamente tali diversità relativamente alla cancerogenesi. Importanti sono anche le unità di riferimento (peso o superficie corporea) scelte per la dose (p. es. per la somministrazione per via inalatoria è più corretto far riferimento alla superficie corporea), e infine sono da considerare la adeguatezza e corretta conduzione dello studio, e il grado di adesione del modello matematico utilizzato per l'estrapolazione dei dati all'uomo.

Tabella 3. SENSIBILITA' RELATIVE TRA SPECIE

	Uomo	Topo	Ratto
National Academy of Sciences	- 35	- 1.5	- 1
FDA (% nella dieta)	4	1	0.35
EPA (correzione per area superficie corporea)	4.7	1	0.43
Crouch E. e Wilson R.	<=5	1	- 1/3-3

### CANCEROGENESI: ESTRAPOLAZIONE INTERSPECIE

Un esempio di comparazione interspecie è riportato nella Tabella 4, relativamente alla potenza cancerogena di varie sostanze chimiche. In questo caso il rischio cancerogeno nell'uomo e nell'animale varia generalmente, ma non sempre, entro un fattore 10. La potenza cancerogena (TD) si definisce come " l'inverso della dose giornaliera (d) che determina un rischio cumulativo del 50% dei tumori indotti nella vita media normale di animali di laboratorio" e si esprime pertanto in  $d \times \text{kg peso/mg}$ . La Tabella 5, tratta da un lavoro di Gaylor (1986) presenta un confronto tra  $TD_{50}$  nel ratto e nel topo. Uno studio della National Academy of Sciences (NAS, 1975), limitato a soli 6 composti chimici, riportava per la benzidina, la cloronafazina, il fumo di sigarette, un rischio all'incirca uguale sia per l'uomo che per la specie più sensibile, mentre variava di un fattore 10 (aflatossina), 50 (diethylstilbestrolo) e perfino 500 (cloruro di vinile) a sfavore dell'animale, per una dose espressa per kg di peso corporeo/die.

Tabella 4. CONFRONTO DELLA POTENZA CANCEROGENA NELL'UOMO E NELL'ANIMALE

Sostanza Chimica	Potenza (kg d/mg)		
	Uomo	Ratto	Topo
Aflatossina B	200	500-1300	130
As	1.5	< 0.01	1.5-30
Benzene	0.001	- 0.0008	- 0.008
Cloroformio	< 0.001	0.002	0.01
DES	1	-	14
Piombo Acetato	<2.5	0.007	0.001
Cloruro di Vinile	0.02	0.001	0.004
Fumo di sigaretta	0.8	-	0.06

(da: Crouch E. e Wilson R., 1979, modificata)

Tabella 5. **CONFRONTO TRA  $DT_{50}$ , NEL RATTO E NEL TOPO, ESPRESSA IN mg/kg/die**

Sostanza chimica	Ratto	Tofo
Benzene	5.1	16.1
Tetracloruro di Carbonio	390	127
Cloroformio	119	49
1,2 Diclorometano	598	817
Cloruro di Vinile	3.69	10.6
Tetracloroetilene	90.8	75.6

(da: L.S. Gold et al., 1987, modificata)

### ESTRAPOLAZIONE PER VIA DI SOMMINISTRAZIONE

Gaylor e Chen (1986) hanno provato a confrontare la  $TD_{50}$  ottenuta in differenti specie e per diverse vie di somministrazione. Per 190 composti chimici somministrati nella dieta, la minima  $TD_{50}$  risultava due volte più alta nel topo che nel ratto, ma tale rapporto saliva ad 11 nei composti somministrati per la via inalatoria per 7 sostanze considerate (v. Tabella 6), ed era pressochè identica nei due generi per via intra peritoneale, per l'insieme delle 16 sostanze considerate (v. Tabella 7). Quindi i ratti appaiono molto più sensibili quando la sostanza è somministrata per via inalatoria. Se si prendono in considerazione i dati relativi agli stessi organi bersaglio nelle due specie, tuttavia il rapporto resta immutato. Pertanto quando un tumore appare in entrambe le specie, esso si manifesta in un range di dose simile. Applicando le indicazioni sperimentali di Meselson e Russel (1977) che affermavano che uomini ed animali sono ugualmente sensibili quando ricevono la stessa dose totale (come frazione di peso corporeo oppure di superficie corporea) durante un tempo vita, si può valutare, con una migliore approssimazione l'estrapolazione dei tassi tumorali tra le specie. D'altra parte, delle 44 sostanze chimiche per cui c'è una sufficiente o limitata evidenza di cancerogenicità per l'uomo, nell' 84% dei casi i dati indicano che c'è anche una qualche attività carcinogenetica negli animali, che diventa il 100% se si considerano solo quelle sostanze per le quali c'è una sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo. In quest'ultimo caso inoltre c'è in genere almeno un organo bersaglio in comune tra l'uomo ed una specie animale.

Tabella 6. CONFRONTO TRA  $DT_{50}$  PER VIA INALATORIA. RAPPORTO RATTO/TOPO

Sostanza chimica	Rapporto
Bisclorometilene	1/496
1,2 Dicloro 3-Cloropropano	1/8.92
1,2 Dibromopropano	1/6.31
1,2 Dicloroetano	1/444
Tricloroetilene	1/1.63
Cloruro di Vinile	1/27.7
3 Nitro 3 Esano	25

(da: Wilbourn et al., 1986, modificata)

Tabella 7. CONFRONTO DI  $DT_{50}$  PER VIA I.P. RAPPORTO RATTO/TOPO

Sostanza chimica	Rapporto
Clorambucil	19.8
Ciclofosfamide	1/1.41
Melfalan	1/2.16
Fenossibenzamina	1/3.91
Procarbasina	1/1.04

(da: W.Gaylor e J.J. Chen, 1986, modificata)

#### AFFIDABILITA' DEI MODELLI ANIMALI

Va infine tenuto nel giusto conto il fatto per cui, nella maggior parte dei cancerogeni chimici, i dati provenienti dalla sperimentazione animale costituiscono la sola informazione utilizzabile, e ciò per qualche anno ancora almeno; si pone pertanto una necessità reale di utilizzare al meglio tali dati per finalità di studio ma soprattutto di prevenzione. Sebbene persistano incertezze nell'uso di tali dati per una stima quantitativa del rischio cancerogeno, va detto che queste sembrano per ora legate alla inadeguatezza nella conduzione degli studi sugli animali oppure ad una errata valutazione di parametri fisiologici, più che a postulati teorici. Al momento quindi, la via dell'estrapolazione dall'animale all'uomo appare come la più concreta ed efficace per la realizzazione di una campagna di prevenzione contro i tumori, basata sull'identificazione ed il controllo delle esposizioni a sostanze cancerogene (Tabella 8).

Tabella 8. CONFRONTO DI ORGANI BERSAGLIO E VIE DI SOMMINISTRAZIONE TRA UOMO E ANIMALE PER SOSTANZE CHIMICHE CON SUFFICIENTE EVIDENZA DI CANCEROGENICITA' IN ENTRAMBI

Sostanza Chimica	Uomo			Animale	
	Tipo di Esposis.	Via di Esposis.	Organo Bersaglio	Specie	Via di Esposis.
4 Aminodifenile	occupas.	inalatoria cute orale	vescica	topo	sottocute orale
Asbesto	occupas.	inalatoria orale	polmone pleura peritoneo laringe gastroint.	ratto  hamster	inalatoria  intrapleur.
Bensidina	occupas.	inalatoria cute orale	vescica	topo  ratto	sottocute orale sottocute orale
BCME	occupas.	inalatoria	polmone	topo	inalatoria sottocute cute
Clorambucil	medic.	orale parenter	sist.linf. emopoiat.	topo	intraperitoneale
Cromo e com- posti	occupas.	inalatoria	polmone naso gastroint.	ratto	intratracheale
Ciclofosfamide	medic.	orale  parenter	vescica sist.linf. emopoiat. cute	ratto	intraperitoneale orale
DES	medic.	prenatale  orale	cervice vagina endometrio seno	topo	prenatale orale
2-Naftilamina	occupas.	inalatoria orale cute	vescica	topo  cane	sottocute orale sottocute
Cloruro di Vinile	occupas.	inalatoria cute	fegato sist.linf. emopoiat. gastroent. cervello app. resp.	topo  ratto	inalatoria  inalatoria orale

(da: Wilbourn et al., 1986, modificata)

## BIBLIOGRAFIA

CROUCH E., WILSON R. : Interspecies comparison of carcinogenic potency. *J. Toxicol. Environ. Health*, 1095-1118 (1979).

GAYLOR D.W., J.J. CHEN : Relative potency of chemical carcinogens in rodents. *Risk Analysis*, Vol. 8, 283-290, (1986).

GOLD L.S. et al.: Ranking the potential carcinogenic hazards to workers from exposures to chemicals that are tumorigenic in rodents. *Environ. Health Perspec.*, 76: 211-219 (1987).

OSER, B.L. : The rat as a model for human toxicological evaluation. *J. Toxicol. Environ. Health*, 8:521. (1981)

Spencer, T.D.: Effects of Carbon monoxide on man and canaries. *Ann. Occup. Hyg.* 5: (1961).

WILBOURN J., et al.: Response of experimental animals to human carcinogens: an analysis based upon the IARC Monographs programme. *Carcinogenesis*, 7, 11: 1853-1863 (1986).

## SISTEMA IN LINEA PER IL RECUPERO DELL'INFORMAZIONE

A. Dracos

Istituto Superiore di Sanità

Roma

### PREMESSA

Conoscere l'entità del rischio di intossicazione cui si è esposti nei diversi momenti della vita quotidiana è ormai un'esigenza comune a tutta la popolazione, indipendentemente dal livello di cultura o qualificazione professionale. Per contro, il modo di soddisfare questo legittimo desiderio è altrettanto diretto e generalizzato. L'informazione giunge al fruitore finale dopo aver percorso una scala più o meno lunga che parte dal documentalista specializzato nel recupero della notizia, passa attraverso uno o più intermediari ed è offerta infine al soggetto potenzialmente esposto in una forma che a lui sia così comprensibile da diventare all'occorrenza misura di protezione routinaria o persino intervento di emergenza.

E' ragionevole ritenere che l'uditorio di questo corso sia costituito essenzialmente dai livelli intermedi nella trasmissione dell'informazione, cioè da quei tecnici che sono impegnati nelle diverse attività tecniche ed amministrative dettate dalle differenti situazioni e pertanto operano con ottiche convergenti sulla protezione dell'ambiente, ma non hanno né possono avere la qualificazione necessaria ad eseguire ricerche documentarie a volte estremamente complesse ed impegnative per lo stesso specialista. L'intermediario non è tenuto a conoscere le sottili strategie di ricerca specifiche dei numerosi sistemi di basi di dati offerti dal mercato mondiale dell'informazione o a tenere il passo con lo spettacolare progresso in questo campo di attività scientifica. Deve invece, ed è un compito fondamentale:

- 1) conoscere quanto più esaurientemente possibile quali sistemi di informazione in ambito nazionale e internazionale coprano gli interessi in cui potenzialmente è coinvolto;
- 2) quali centri, pubblici o privati, nelle aree viciniori abbiano consuetudine di lavoro di routine con questi sistemi;
- 3) come instaurare con i centri in questione rapporti di fattiva collaborazione che permettano di raggiungere l'informazione in ogni giorno ed ora;
- 4) come attuare o predisporre la conversione della citazione bibliografica o dato derivato dalla letteratura in operazione sul campo, misura di protezione, suggerimento per una interpretazione, ecc, ecc.

Partendo da queste premesse è sembrato opportuno dare all'intervento un taglio ~~tecnico~~: appena un flash, una penetrazione di pochi istanti nelle enormi potenzialità ~~inferre~~ dall'attuale tecnologia per il reperimento dell'informazione, in altri termini ~~dimostrare~~, con l'immediatezza di un esempio, come di fatto dallo screening della

letteratura mondiale in tema di tossicologia allargata si possono quasi sempre ricavare indicazioni utili alla interpretazione e, per quanto possibile, soluzione di singole situazioni di danno alla popolazione o ambiente. E' ovvio che poi la traduzione di una eventuale informazione in provvedimento operativo richiede uno studio approfondito delle caratteristiche geologiche, ecologiche, sociali, di lavoro, ecc. del particolare comprensorio.

Come esempio illustrativo è stata scelta la caratterizzazione tossicologica di una sostanza chimica; più precisamente di una sostanza che sotto questo riguardo era già stata portata all'attenzione del Servizio Documentazione dell'ISS: l'acrilonitrile. Si tratta quindi di vedere quanto sulla tossicologia dell'acrilonitrile è stato scritto nella letteratura e come reperirlo attraverso la consultazione di basi e banche di dati che, d'elezione o lateralmente, considerano l'informazione tossicologica.

In condizioni di evento di emergenza, quando alla conoscenza di un dato deve seguire in tempi brevissimi la programmazione di un intervento sul campo, la consultazione si orienta decisamente verso la banca di dati, cioè verso quegli archivi che offrono un dato di applicabilità immediata (numerico, alfanumerico, grafico), garantito all'atto dell'immissione in memoria da un comitato di revisione formato da esperti. Nella banca la lettura attenta del lavoro originale da cui il dato è stato derivato e di cui è registrata l'indicazione bibliografica va oltre il dato perchè quello è stato già estratto dal lavoro e memorizzato nella sua essenzialità. La consultazione della fonte bibliografica in questo caso è un affinamento di seconda istanza della nozione acquisita.

In condizioni di non-emergenza, vale a dire nell'attività documentaria di routine in tema di tossicologia, basi e banche di dati danno un contributo equivalente in quanto la consultazione della base di dati integra in profondità, ampiezza e aggiornamento quella della banca. Output tipico della base è la citazione bibliografica, in ogni caso espressa dagli elementi essenziali all'identificazione univoca della pubblicazione richiamata dalla strategia di ricerca adottata, ma normalmente arricchita anche da un numero più o meno grande di indicazioni utili (abstract, lingua di pubblicazione, ecc). Per evitare l'insidia di perdersi in considerazioni di carattere generale, tanto utili quanto dispersive, conviene ancorarsi ad un esempio pratico e tornare alla ricerca sulla tossicità dell'acrilonitrile, per ricavarne indicazioni quanto più possibile complete ed esaurienti.

## RTECS

Non esiste un ordine tassativo nella consultazione delle diverse banche e basi in materia, ma l'esperienza suggerisce determinate priorità che possono rivelarsi utili in una conduzione sistematica della ricerca, senza per questo escludere la possibilità di ritornare su un archivio già interrogato quando nuovi dati consiglino un approccio diverso. Con queste premesse, la prima banca di dati interrogata è stata il RTECS o Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, prodotta dal NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) con il contributo di istituzioni scientifiche di rilievo mondiale quali lo IARC o l'EPA. Orientato programmaticamente verso questioni di medicina del lavoro, il RTECS dà indicazioni, verificate ed aggiornate, su

circa 54.000 composti chimici identificati nelle loro proprietà descrittive (nome preferenziale, denominazioni chimiche comuni, numero CAS, frammenti di nomi e sinonimi) formula e peso molecolare (categoria di uso o classe tossicologica), proprietà tossicologiche con indicazione delle rispettive fonti, standards, regolamenti ed altri dati. Inoltre i dati di tossicità sono trattati con una certa abbondanza, soprattutto in alcuni casi (LD50, LDLo TDLo ecc.). Di particolare interesse è nel RTECS una categoria di informazioni (trattate anche in altre banche, ma forse non così in profondità) che per ogni sostanza considerata indica i possibili sinonimi sotto cui il composto chimico di base o quella sostanza può essere conosciuto o commercializzato in diversi paesi europei ed extra. Questo è importante e proprio sul piano pratico poichè le sostanze chimiche con cui la popolazione viene in contatto o che sono presenti nell'ambiente, provengono per lo più da preparati commerciali designati da tanti nomi quante sono le industrie che li producono.

### HSDB

La banca dati che è stata interrogata successivamente è l'HSDB (Hazardous Substances data bank), prodotta negli USA nell'ambito del Toxicology Information Program (TIP) ed al momento costituente essenziale insieme al RTECS, di una rete di trasmissione dati (TOXNET) dedicata programmaticamente a raccogliere basi e banche di interesse tossicologico. Come risulta evidente dal suo stesso nome, l'HSDB è lo strumento d'elezione per la conduzione di ricerche di informazioni fattuali in tema di tossicologia. L'importanza gli deriva dal fatto che per ognuna delle 4200 sostanze che al momento ha preso in considerazione, raccoglie convalidandoli, attraverso il vaglio di una commissione di esperti, i dati reperibili nella letteratura riguardo ad una moltitudine di proprietà che potenzialmente entrano in gioco in questioni di tossicologia in senso lato. Tra le vaste categorie d'informazione suddivise in 15 sottocategorie e 76 campi, spiccano per particolare attinenza alla tematica del corso, quelle relative al destino ambientale della sostanza, le eventuali misure di emergenza da adottare in caso di incidenti nonchè la valutazione del rischio in soggetti comunque esposti.

### ECODIN

L'ECODIN (Environmental Chemicals Data Information Network), prodotta a Ispra dalla Comunità Europea è in una certa misura a noi più vicina, in quanto, nel suo progressivo sviluppo ha tenuto conto di suggerimenti e contributi, espressione del fabbisogno di informazione specifico dell'utenza europea. In termini di reperibilità essa significa che ai dati assoluti di identificazione e a quelli fondamentali per la caratterizzazione tossicologica se ne aggiungono quelli che non sono trattati in altre banche di dati perchè specifici dell'area europea o richiesti in particolare dalle produzioni proprie della Comunità (legislazioni nazionali, tossicità nelle diverse forme di via acquatica, ecc.).

Passando poi dalle banche alle basi di dati, cioè agli archivi da cui si possono ottenere le indicazioni bibliografiche di articoli pertinenti un determinato argomento, il sistema si allarga necessariamente a comprendere anche le basi che non trattano in modo specifico ed esclusivo di tossicologia, ma coprono in modo esauriente ed

autorevole l'intero campo della biomedicina. Questo perchè il concetto di tossicologia ha aree di interesse in comune con molte discipline ed i confini di questa sovrapposizione sono quanto mai sfumati. In termini di ricerca di informazioni, l'ampiezza del tema in studio si traduce in opportunità di consultare quante più basi di dati possibili entro un denominatore comune. Per la tossicologia, tuttavia, questa apertura alla consultazione di quanto è ragionevolmente possibile significherebbe l'accesso a cento o più basi. Più razionale, quindi, un approccio limitato alle sole basi potenzialmente più adeguate a dare una risposta esauriente. Nell'esempio in questione la scelta, dettata da una valutazione soggettiva sulla base dell'esperienza in materia acquisita, è caduta su MEDLINE, CHEMABS, PASCAL, CISDOC.

#### **MEDLINE o MEDicine onLINE**

Prodotta dalla National Library of Medicine, USA, storicamente rappresenta la prima base di dati ad interrogazione interattiva in medicina. Con una caratterizzazione stringata, ma pur sempre con buona approssimazione, può essere definita come la versione online dell'Index Medicus, prestigiosa bibliografia secondaria a stampa con cui ha in comune la selezione, indicizzazione e memorizzazione della letteratura biomedica mondiale. Nel MEDLINE la componente tossicologica confluisce sia dalle più rilevanti pubblicazioni di tossicologia di oltre 70 paesi, sia da un congruo numero di periodici multidisciplinari che, per la loro alta diffusione, possono essere considerati come strumento d'elezione per portare a conoscenza di un maggior numero di lettori informazioni considerate meritevoli di risonanza immediata ed allargata.

#### **TOXLINE o TOXicology on LINE**

Prodotto attraverso il contributo, individuabile e separato, di più basi di dati, ma gestito come un'unica base di dati dalla National Library of Medicine, il TOXLINE ha invece il suo interesse primario implicito già nel nome. Nella sua configurazione originaria era formato da 11 basi di dati. Tra queste quelle di maggiore rilievo perchè a copertura più allargata ed aggiornata erano: CBAC (Chemical Biological Activities: citazioni derivate dalle sezioni prettamente tossicologiche dei CHEMABS); TOXBIB (citazioni di pubblicazioni indicizzate sotto il termine tossicologia o equivalenti nel MEDLINE); IPA (informazioni di interesse tossicologico elaborate dall'International Pharmaceutical Association). Recentemente la NLM ha aggiunto altre basi in virtù delle quali il TOXLINE si ripropone come un sistema potenzialmente capace di dare una risposta autorevole a tutta la vasta gamma di questioni che rientrano nel termine generale tossicologia. Contributi sostanziali in materia provengono infatti dal NIOSHTIC, file bibliografico prodotto, come già il RTECS, dal National Institute of Occupational Safety and Health; TSCATS, riferimenti alla valutazione tossicologica delle sostanze quale risulta dall'Office of Toxic Substances dell'EPA nel quadro del Toxic substances Control Act (TSCA); Poisonous Plant Bibliography o bibliografia sugli effetti tossici di piante velenose pubblicate anteriormente al 1976.

## CHEMABS o CHEMical ABSTRACTs

I CHEMABS o versione online dei Chemical abstracts bibliografia secondaria a stampa di grande tradizione, è prodotta dal 1967 dall'American Chemical Society nell'ambito di una serie di servizi (CAS : Chemical Abstracts Service). Ha un'area di indicizzazione che copre oltre 14.000 periodici pubblicati in oltre 150 paesi. E' evidentemente centrata sulle sostanze chimiche, ma le considera sotto una così vasta gamma di aspetti da abbracciare tematiche di biochimica, chimica organica, macromolecolare, fisica, analitica e applicata. Per questi motivi è la base bibliografica d'elezione da consultare per la soluzione di problemi di tossicologia. Da sola, forse essendo una base e non una banca non dà una risposta immediata, quale potrebbe essere ottenuta, ad esempio dall'HSDB. Quest'ultima, tuttavia, se ha il vantaggio dell'applicabilità immediata dei dati che offre, non ha né l'ampiezza di copertura né l'elevato ritmo di aggiornamento dei CHEMABS. Ne consegue che in seconda istanza, superata la fase in cui si impone l'azione di primo intervento, l'integrazione banca/base rappresenta una soluzione potenzialmente valida per tutte le problematiche che possono presentare. Le potenzialità della combinazione banca/base possono essere ulteriormente accresciute sfruttando in modo opportuno programmi di identificazione a priori delle basi che in un determinato sistema contengono citazioni relative all'argomento sul tappeto.

## PASCAL

E' una base di dati prodotta dal Centre de Documentation Scientifique et Technique (CNRS, Francia) a carattere multidisciplinare e quindi globalmente meno mirata alla soluzione di quesiti tossicologici, per quanto di consultazione utile anche per questi attraverso un'oculata scelta di termini e sezioni di interrogazione. Fino al 1983 in forma di bibliografia secondaria a stampa in lingua francese col nome di Bulletin signalétique, il PASCAL oggi, con espressione in francese ed in inglese, si avvale appunto del suo carattere multidisciplinare per consentire l'approccio ad un problema, tossicologico in questo contesto, sotto diversi punti di vista: fisico, chimico, biologico, medico, psicologico, tecnologico, documentario, ecc., ai quali normalmente dà una risposta attraverso un numero più o meno grande di citazioni pertinenti.

## CISDOC

E' una base che come impostazione e motivazione di fondo è sostanzialmente diversa dalle altre. In essa l'interesse primario della letteratura indicizzata non è una singola o un insieme di discipline, ma il lavoratore inteso come uomo che deve essere salvaguardato nel suo ambiente di lavoro e di vita utilizzando le informazioni derivabili dalla letteratura mondiale in materia. La stessa origine conferma la finalità cui il CISDOC tende: è prodotta dall'International Occupational Safety and Health Information centre (CIS), all'interno dell'International Labour Office (ILO) di Ginevra.

Da quanto succintamente esposto deriva che informazioni sulla tossicità e impatto ambientale possono essere reperite in un gran numero di fonti online: una ricerca preliminare condotta sulla banca dati RTECS ed HSDB dà al ricercatore un quadro abbastanza realistico di che cosa si può aspettare di trovare in letteratura.

L'eshaustività della ricerca può essere poi aumentata attraverso la consultazione delle basi già menzionate che devono il loro indiscusso prestigio all'ottima indicizzazione effettuata e alla vastità del materiale considerato. Alcune particolari esigenze possono richiedere la consultazione di archivi più specifici. Così ad esempio, se l'interesse è principalmente rivolto alla cancerogenicità di un composto, la consultazione della base CANCERLINE o altre equivalenti centrate sulle neoplasie restringono fin dal principio la ricerca a quel determinato aspetto. Comunque le basi di per sé sono strutture a programma rigido, senza la minima possibilità di variazione rispetto al previsto. L'intelligenza umana, se supportata da una seria conoscenza dei sistemi, è flessibile ed in grado di utilizzare al meglio ciascuno di questi blocchi monolitici di informazioni, in un gioco sottile di alta qualificazione professionale. In conseguenza, sul piano pratico dello studio dell'impatto ambientale di sostanze potenzialmente tossiche è buona norma costruire a priori una mappa topografica organica dei centri di documentazione di sufficiente esperienza nell'uso delle fonti di informazione e di relativa affinità di interessi. Con questi è opportuno instaurare rapporti di collaborazione sistematici, consolidati non solo su base di attività di routine, ma anche per far fronte a situazioni di emergenza perchè proprio allora l'urgenza di raggiungere l'informazione richiede che le vie da percorrere siano familiari. Come primo passo per la creazione di una mappa, quanto più possibile completa ed aggiornata, dei centri italiani che svolgono attività di documentazione in aree di prevalente o parziale interesse tossicologico, l'ISS nella sua qualità di Centro di Riferimento Nazionale offre su richiesta, agli operatori, un elenco ad ordinamento regionale dei centri nazionali abilitati all'interrogazione del MEDLARS. L'elenco può costituire un'utile base per la formulazione di una rete di scambio di informazioni, ma richiede, forse esige, contatti preliminari per verificare se i centri almeno sulla carta più convenienti siano effettivamente in grado di funzionare e disponibili ad una collaborazione fattiva anche in condizioni particolari.

**DIRETTIVA GRANDI RISCHI E V.I.A.****L. Binetti, R. Caroselli****Ministero della Sanità****Roma****PREMESSA**

Le sostanze chimiche esistenti sul mercato ammontano complessivamente a circa centomila.

Tra queste tuttavia circa diecimila sono quelle che interessano in maniera consistente, sotto il profilo quantitativo, la produzione e la utilizzazione in campo industriale; inoltre molte di esse mostrano aspetti di pericolosità più o meno elevate per l'uomo e per l'ambiente.

Questo numero così elevato dà, senza bisogno di particolari commenti, l'idea del grande problema costituito dalla produzione, impiego, utilizzazione e smaltimento delle sostanze chimiche.

In passato si è preso in considerazione quasi soltanto il beneficio, derivante dall'uso delle sostanze chimiche con evidenti conseguenze dannose ed a volte anche catastrofiche; già da vari anni ci si sta sforzando di raggiungere il giusto punto di equilibrio mediante la valutazione del rischio che la produzione e l'utilizzo di una sostanza chimica può comportare. Pertanto le sostanze chimiche sono in prima evidenza nei programmi di azione della CEE e quindi dell'Italia e negli ultimi anni importanti e concrete iniziative sono state rese operanti.

Tra queste di primaria importanza la direttiva della CEE 82/501 sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali e la direttiva 87/216 di modifica alla direttiva base.

**LA DIRETTIVA 82/501/CEE SUI RISCHI DI INCIDENTI RILEVANTI**

Tale direttiva costituisce lo strumento normativo di cui ha inteso dotarsi la CEE per pervenire o far fronte ad incidenti rilevanti. Essa mira a raggiungere due obiettivi di fondo:

il primo obiettivo è quello di rilevare, quanto più possibile all'inizio della fase di progettazione dell'iniziativa, la probabilità degli incidenti che potrebbero verificarsi attraverso la ricerca delle possibili cause, l'individuazione di punti critici, la previsione delle combinazioni di eventi che potrebbero determinare incidenti e l'introduzione delle relative misure di sicurezza;

il secondo obiettivo è quello di prevenire quando un incidente dovesse nonostante ciò verificarsi, che esso assuma conseguenze disastrose, attraverso misure che limitino quanto più possibile le conseguenze, in particolare attraverso procedure di sicurezza e di controllo e piani di emergenza.

In sintesi la normativa comunitaria affronta il problema dei rischi industriali con un approccio unitario distinguendo due distinte fasi e cioè quella della previsione e della prevenzione e quella degli interventi di emergenza in caso di incidente.

A questo riguardo la normativa comunitaria ha fissato una serie di obiettivi da raggiungere, indicando nel contempo anche taluni principi generali cui attenersi. L'applicazione pratica di tali principi è tuttavia lasciata all'iniziativa di vari Paesi i quali operano le proprie scelte, in funzione delle strutture interne disponibili.

Con notevole ritardo comunque rispetto ai tempi fissati dalla direttiva stessa e dopo un lungo e acceso dibattito sviluppatosi a livello istituzionale, finalmente anche il nostro Paese ha provveduto al recepimento delle importanti direttive comunitarie (la 82/501/CEE e la 87/216/CEE), che mirano a disciplinare la materia concernente i rischi di incidenti rilevanti.

L'atto normativo in questione è il DPR 175 del 17 maggio 1988. Tale DPR costituisce, per contenuti una novità assoluta nella legislazione italiana; per la prima volta infatti si affronta il problema dei rischi industriali con un approccio unitario ed organico che chiama in causa per aspetti diversi, ma tra loro interconnessi, da un lato le aziende produttrici, dall'altro le pubbliche Amministrazioni sia centrali che periferiche.

Tale nuova normativa ha essenzialmente ripreso i due obiettivi di fondo fissati nella direttiva base.

Per realizzare tali due obiettivi la norma è stata articolata in due parti concernenti rispettivamente due campi di applicazione, uno più ristretto e l'altro più vasto. Per l'applicazione pratica e per i relativi controlli da parte delle pubbliche Autorità preposte, sono stati individuati due diversi sistemi procedurali, cioè a dire la "notifica" e la "dichiarazione". Il sistema della "notifica" riguarda tutte le attività industriali che utilizzano in determinati impianti una o più sostanze pericolose tra quelle comprese in appositi allegati tecnici ed in quantitativi superiori alle soglie ivi fissate; il sistema della "dichiarazione" invece riguarda tutte le attività industriali che utilizzano in determinati impianti una o più sostanze pericolose aventi caratteristiche di pericolo valutabili in base a criteri indicativi fissati in un apposito allegato della norma.

Il controllo delle "notifiche" viene effettuato a livello centrale, essendo stato affidato tale compito ai Ministeri dell'Ambiente e della Sanità i quali si avvalgono dell'apporto tecnico di quattro Istituti od organi tecnici centrali (Istituto Superiore per la Prevenzione e Sicurezza sul Lavoro, Istituto Superiore di Sanità, il Consiglio Nazionale delle Ricerche e i suoi Istituti specialistici ed il Corpo Nazionale dei Vigili

del Fuoco). Il controllo delle "dichiarazioni" è affidato invece alle competenti Autorità Regionali le quali peraltro mantengono un rapporto di interscambio di informazioni con le competenti Autorità centrali.

Le Autorità competenti, ricevuta la "notifica" o la "dichiarazione" valutano le informazioni fornite e si assicurano che l'imprenditore abbia assunto le sue responsabilità. Il vantaggio di questo sistema è che esso permetterà un dialogo permanente tra le varie parti in causa. Va comunque sottolineato il fatto che la norma pone a carico dell'imprenditore l'obbligo di assumere tutte le misure necessarie per prevenire incidenti rilevanti e per limitarne le conseguenze, di adottare le misure di sicurezza appropriate, di informare, addestrare ed equipaggiare, ai fini della sicurezza, le persone che lavorano in sito e in particolare ad apprestare i necessari piani di emergenza interni.

Pone altresì l'obbligo a carico dell'imprenditore, allorquando l'incidente si è verificato, di adottare misure di emergenza per rimediare agli effetti dell'incidente, a medio e a lungo termine, ed evitare che esso si riproduca.

Il DPR 175/88 pone tuttavia una serie di problemi ulteriori che riguardano da un lato l'emanazione di una serie di norme tecniche applicative senza le quali l'applicazione del DPR stesso non può validamente essere operata, dall'altro l'organizzazione adeguata delle strutture che a vari livelli sono chiamate in causa nonché il coordinamento opportuno delle stesse.

Il Ministero della Sanità che è uno dei due organi centrali cui è affidata la gestione della complessa problematica, l'indomani stesso della pubblicazione nella G.U. del DPR 175/88 ha avviato per proprio conto ed in perfetta sintonia con il Ministero dell'Ambiente una serie di iniziative concrete mirate tutte ad avviare in tempi stretti la complessa e articolata procedura fissata dal DPR medesimo.

#### **DECRETI APPLICATIVI PREVISTI DALL'ART.12**

L'art.12 del DPR 175 prevede che entro il 15 dicembre 1988 vengano emanati, da parte dei Ministeri Ambiente, Sanità e Industria, uno o più decreti nei quali devono essere indicate:

- le norme generali di sicurezza cui devono attenersi tutti i fabbricanti;
- le modalità con le quali ciascun fabbricante deve procedere all'individuazione dei rischi di incidenti rilevanti, dall'adozione di appropriate misure di sicurezza, all'informazione, all'addestramento e all'equipaggiamento di coloro che lavorano in situ.

Questi aspetti sono considerati fondamentali soprattutto per il lavoro che dovranno sviluppare i fabbricanti sia per adempiere all'obbligo di "notifica" che a

quello di "dichiarazione". Pertanto su tale problematica si è concentrata inizialmente l'attività del Ministero della Sanità, del Ministero dell'Ambiente e del Ministero dell'Industria, Commercio ed Artigianato.

#### **AVVIO DELLE PROCEDURE DI ISTRUTTORIA DEI RAPPORTI DI SICUREZZA**

E' intenzione del Ministero della Sanità e del Ministero dell'Ambiente di avviare in tempi brevi l'esame dei rapporti già presentati dalle aziende. A tal fine ci si sta muovendo su tre linee tra loro dipendenti:

- la prima riguarda l'individuazione puntuale delle strutture specifiche che fanno capo ai quattro organi tecnici di cui all'art.14 nonché dei relativi funzionari che possono essere nominati come istruttori;
- la seconda riguarda la definizione dei criteri prioritari per la individuazione delle aziende da sottoporre con priorità all'istruttoria. Tali criteri sono stati definiti e sulla base degli stessi sono state selezionate le relative aziende;
- la terza riguarda infine l'assegnazione formale delle prime istruttorie ai relativi funzionari istruttori.

#### **ATTIVITA' DEGLI ORGANI CONSULTIVI**

L'art.15 del DPR 175 prevede inoltre il funzionamento di due organi consultivi e propositivi:

- la Commissione istituita dal Ministro della Sanità con decreto 23 dicembre 1985;
- il Comitato di coordinamento istituito dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri in data 18 dicembre 1985.

Al riguardo il Ministero della Sanità ha immediatamente provveduto ad avviare la propria Commissione la quale, da giugno ad oggi, si è riunita più volte sia in sede plenaria che in sede di sottogruppi tecnici ed ha fornito il suo fattivo apporto consultivo e propositivo nella elaborazione dei decreti da emanarsi ai sensi dell'art.12.

Inoltre il Ministro della Sanità ed il Ministro della Protezione Civile hanno già avuto scambi di opinioni sul funzionamento dei due Comitati in maniera da pervenire ad un'intesa che eviti duplicazione di attività ma che viceversa favorisca la realizzazione di programmi e di azioni di intervento dei due Comitati tra loro complementari ed interdipendenti e già dai primi contatti, in linea di massima, si è concordato di affidare alla Commissione del Ministro della Sanità i compiti consultivi e propositivi afferenti alla predisposizione e verifica delle notifiche e dichiarazioni lasciando al Comitato di Coordinamento i compiti relativi al campo delle pianificazioni di emergenza esterna per gli impianti industriali ad alto rischio.

## **RAPPORTI CON LE REGIONI**

Al di là delle sedi istituzionali, rappresentate dai due Comitati consultivi di cui sopra, nelle quali rappresentanti degli organi centrali o delle Regioni sono chiamati a svolgere un'azione congiunta, resta comunque la necessità di favorire al massimo livello una completa osmosi di informazioni tra il centro e la periferia e viceversa. Il Ministero della Sanità continuerà a fare ogni sforzo utile al raggiungimento di tali importanti obiettivi, consapevole del fatto che soltanto attraverso un pieno effettivo apporto collaborativo potranno essere perseguiti gli obiettivi individuati dal DPR 175.

## **PIANI DI EMERGENZA ESTERNI**

Questo è un compito che il DPR ha affidato alla competenza primaria dei Prefetti. E' evidente tuttavia che questi ultimi per esercitare in maniera adeguata i propri compiti devono poter disporre dei necessari dati informativi.

A tal fine nelle guide tecniche che saranno emanate in relazione ai decreti di cui all'art.12 verranno previste in maniera analitica tutte le informazioni necessarie.

## **II MODIFICA ALLA DIRETTIVA 82/501/CEE**

C'è da dire comunque che il DPR 175/88 con il quale si sono recepite le direttive comunitarie in materia di grandi rischi industriali (la 82/501/CEE e la 87/216/CEE) al momento non recepisce completamente tutte le direttive comunitarie in materia in quanto solo da poco si è avuta l'adozione formale della direttiva del Consiglio che modifica per la seconda volta la direttiva 82/501/CEE sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali.

Tale nuova direttiva è intesa ad estendere il campo di applicazione della direttiva 82/501/CEE ai depositi di sostanze chimiche pericolose ed a rendere più chiare ed operative le disposizioni relative alla informazione da fornire al pubblico per quanto riguarda gli impianti soggetti a notifica.

Per quanto concerne il deposito di sostanze chimiche tale nuova direttiva amplia consistentemente la portata di applicazione, in quanto si rivolge sia al deposito isolato sia a quello situato all'interno di una istallazione senza essere connesso ad un'attività industriale.

Amplia inoltre il numero delle sostanze (o gruppi di sostanze) presenti nel deposito passando da un numero di 9 previsto nella direttiva 82/501/CEE a quello di 28.

Prevede inoltre l'individuazione dei depositi anche mediante un elenco di categorie di sostanze e/o preparati pericolosi in conformità alle prescrizioni di classificazione e di etichettatura stabilite in altre direttive comunitarie pertinenti.

## DIRETTIVA GRANDI RISCHI E VIA

Si ritiene opportuno a questo punto fare una riflessione, che possa anche costituire un chiarimento, fra le finalità proprie del DPR 175/88 e quello del DPCM n.377 del 10 agosto 1988 anch'esso recente, che recepisce un'analogia e ben nota direttiva CEE, riguardante la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati, indicando esplicitamente le categorie di opere che devono essere sottoposte alla procedura di VIA.

Fra queste categorie sono comprese diverse attività industriali quali raffinerie, acciaierie integrate, impianti chimici integrati, ecc.

Ma le differenze sostanziali fra i due strumenti normativi sono due.

La prima è che mentre la procedura di VIA si rivolge alle fasi di costruzione e di normale esercizio di un impianto, onde accertare e valutare l'impatto sull'ambiente e sulla popolazione, il DPR 175/88 è invece focalizzato sulle conseguenze di un avvenimento incidentale, che dia luogo ad un pericolo grave, immediato o differito, per l'uomo, all'interno o all'esterno dello stabilimento e/o per l'ambiente e che comporti l'uso di una o più sostanze pericolose; e quindi completamente al di fuori di un routinario funzionamento dell'impianto.

La seconda differenza importante è che mentre la procedura di VIA si rivolge unicamente alle opere di nuova realizzazione, il DPR 175/88 ha come campo di applicazione sia le attività già esistenti che quelle che si intendono attivare nel futuro.

## **PRODUZIONE TERMOELETTRICA DA FONTE FOSSILE**

**G. Cortellessa**

**Istituto Superiore di Sanità**

**Roma**

### **PREMESSA**

La discussione dei casi sarà centrata sulla produzione termoelettrica da fonte fossile, ma si farà qualche digressione anche a altre esperienze di VIA.

### **INTRODUZIONE**

Scopo di questa lezione è di esporre i problemi concreti che si incontrano da parte delle commissioni, istituite generalmente da Regioni o Enti Locali. per valutare l'impatto ambientale di vari tipi di installazioni.

Tali commissioni operano giudicando rapporti preparati dal proponente dell'opera o installazione.

Prima di esporre, molto sinteticamente, i settori che maggiormente vengono presi in considerazione converrà notare, in via del tutto generale, che ci si trova di fronte a due difficoltà.

La prima difficoltà non è la mancanza di dati, perchè, salvo casi particolari, i dati esistono, un Paese come l'Italia ha una storia e ha registrazioni in vari campi che si estendono per secoli se non addirittura millenni. E, però, non si sa chi abbia tali dati, quali sia l'affidabilità e, soprattutto, occorre ogni volta capire le vie d'accesso legali ai dati.

La procedura di VIA, infatti, essendo parte del processo decisionale, deve seguire i canoni della trasparenza e della possibilità, da parte di chi non è d'accordo e rappresenta legittimi interessi, di instaurare procedure di contrapposizione, entro un quadro legislativo lontanissimo dalla certezza del diritto, essendo assolutamente vero che per la salvaguardia dell' ambiente e della salute utilizziamo norme, molto spesso, indirizzate primariamente alla salvaguardia di altri interessi legittimi.

La creazione del Ministero dell'Ambiente, in assenza del recepimento della direttiva comunitaria sulla VIA, non ha, tuttora, prodotto significativi miglioramenti per quanto riguarda la dialettica giuridica sull'impatto ambientale.

## LE FASI DELLA PROCEDURA E I RELATIVI PROBLEMI

La procedura di valutazione di impatto ambientale è divisa in capitoli, per ciascuno dei quali indicheremo i problemi sorti nei vari casi concreti.

Si comincia con la descrizione del progetto che si vuole realizzare scendendo al dettaglio delle procedure operative, con l'indicazione, tra l'altro, della manodopera impiegata, della sua qualificazione, delle ore lavorative previste per tutte le diverse categorie durante tutte le fasi della costruzione e, successivamente, della gestione.

Questa parte descrittiva iniziale contiene anche la elencazione esplicita delle necessarie misure sanitarie e di sicurezza del lavoro.

La descrizione di tutto lo svolgimento deve contenere i prevedibili sviluppi futuri, onde evitare che si cominci con una azione dichiarata piccola, per poi avere uno sviluppo molto maggiore che viene fatto passare come conseguenza obbligata della piccola azione iniziale.

Caratteristica costante, sia di questa parte, sia delle altre, della procedura di valutazione di impatto ambientale è l'assoluto realismo.

Si indicano strutture (funzionanti e non sulla carta), persone, costi di investimento e di funzionamento e procedure applicate.

Si indicano anche le responsabilità dei soggetti pubblici e privati nel fornire dati e condurre indagini.

In tutti i casi citati nel sommario, che chi scrive ha seguito fino in fondo, non ci sono stati problemi a reperire, anche in dettaglio, le informazioni brevemente sopradescritte.

Il secondo capitolo della valutazione consiste nella descrizione dell'ambiente esistente: topografia, suolo, geologia, clima in generale e microclima locale, qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo.

Si prosegue poi con la idrologia, la descrizione dei biotopi acquatici, terrestri, aerei e la descrizione dell'uso attuale del territorio.

La descrizione dell'ambiente viene infine estesa alla parte socio-economica: popolazione e occupazione.

I dati relativi alla topografia e al suolo sono facilmente reperibili, assai meno quelli relativi alla geologia, spesso trascurati se non addirittura controversi (esistenza o meno di faglie attive, come nel caso di Montalto di Castro).

L'idrologia è sufficientemente nota, molto meno i biotopi.

La descrizione dell'uso attuale del territorio, spesso, si scontra con il fenomeno dell'abusivismo, terreni agricoli per il catasto sono, allo stato dei fatti, ampiamente urbanizzati.

La descrizione socio-economica, per quanto riguarda la popolazione, non presenta difficoltà, mentre i dati occupazionali, soprattutto nelle loro proiezioni, sono difficili da ottenere e configurano notevoli problemi di modello matematico per la loro estrapolazione.

Il caso più complicato è per installazioni che richiedano zone di rispetto oppure che configurano orientamenti particolari dello sviluppo socio-economico perchè il rischio è legato alla distribuzione di popolazione. In tal caso si sono usati dati e proiezioni con fattori di sicurezza abbastanza elevati per non superare i limiti di esposizione delle popolazioni.

Una precauzione di questo genere vale anche per gli elettrodotti, essendo oggi possibile parlare di esposizione alle radiazioni non ionizzanti, anche se sono campi elettrici e magnetici a bassa frequenza.

Il terzo capitolo della procedura di valutazione di impatto ambientale riguarda l'effetto della azione che viene proposta e per questo utilizza i dati analizzati nel capitolo precedente.

Questo permette di valutare i costi indiretti degli insediamenti inquinanti, cioè l'aggravio, per esempio, che pesa sulla struttura sanitaria per effetto della crescita delle patologie, della necessità di costruire *ex novo*, o di accrescere, le reti di misura ambientale.

I proponenti di tutte le opere elencate nel sommario hanno regolarmente trascurato queste informazioni, queste si sono dovute cercare indipendentemente dai proponenti, attraverso analogie e stime di effetti spesso non facili.

Gli effetti sanitari e ambientali sono relativamente facili a quantificarsi per i maggiori inquinanti atmosferici, ma per i microinquinanti o per l'inquinamento dei corpi idrici o le contaminazioni del suolo il rapporto tra dati ambientali e effetti sanitari è, spesso, ancora incerto nella stessa letteratura scientifica internazionale.

Il quarto capitolo analizza tutte le misure che possono essere prese per ridurre gli effetti avversi della azione o insediamento proposti, con particolare riguardo alle misure per la salute e la sicurezza.

Tutte queste descrizioni e analisi contengono una esplicita menzione, in dettaglio e non come cifre aggregate, dei costi, perchè così è possibile discutere a fondo costi e benefici della proposta.

I dati relativi a questa parte sono, in genere, molto carenti, perchè chi propone un'opera, sia essa una centrale o un porto turistico o un elettrodotto, è prontissimo a vantare i pregi e i vantaggi per la collettività, ma non vuole discuterne il costo ambientale e sanitario.

Anche in questo caso chi giudica la VIA del proponente si fa carico di cercare di capire i costi per confrontarli con i benefici.

Il quinto capitolo descrive gli effetti ambientali avversi che permangono, e quindi sono da considerare inevitabili anche quando fossero applicate tutte le misure descritte nel quarto capitolo.

Si parte, cioè, dalla verità scientifica per cui è assolutamente impossibile avere un insediamento quale che esso sia privo di effetti avversi. Tali effetti possono solo essere contenuti, ma non eliminati. I dati sugli effetti avversi permanenti sono anch'essi del tutto ignorati dal proponente dell'opera, anche perchè è invalso l'uso di far credere che tali effetti avversi permanenti non esistano, come se tutto potesse essere reso reversibile.

Il sesto capitolo analizza la relazione tra gli usi a breve termine dell'ambiente e i problemi a lungo termine.

Si tratta, in particolare, di fare un bilancio tra i vantaggi a breve termine dati dagli insediamenti proposti e la compromissione di usi a lungo termine del territorio.

Anche questi dati sono noti solo molto parzialmente, perchè gli usi in proiezione non sono quasi mai presi in considerazione dalle stesse autorità responsabili della gestione del territorio.

Il settimo capitolo analizza, a questo punto, avendo a disposizione tutte le analisi precedenti, quello che è l'uso e la compromissione irreversibile delle risorse. Per quanto detto poco sopra anche questo capitolo manca del tutto nella analisi del proponente dell'opera.

L'ottavo capitolo analizza se vi siano alternative alla azione proposta, non solo in termini di localizzazione territoriale, ma nel merito stesso dell'insediamento.

Questo punto è essenziale, perchè la valutazione di impatto ambientale non è la giustificazione a posteriori di scelte già fatte nè è un metodo per minimizzare i guasti, ma è, invece, una procedura che si svolge prima di decidere quale azione fare e quindi deve partire con una ipotesi che lasci aperte diverse possibilità tra cui si sceglie quando la procedura sia completata. Se, invece, si fosse già predeterminata una certa scelta si violerebbero i principi stessi della procedura di valutazione di impatto ambientale.

La procedura di valutazione di impatto ambientale ha quindi, tra le opzioni possibili, anche quella di non procedere con l'insediamento (opzione "do nothing").

Come ovvio, mancando finora qualunque reale cultura della VIA, questo capitolo non solo manca, ma è rovesciato da una impostazione che tenta di convincere le autorità che debbono autorizzare l'opera, della assoluta ineluttabilità non solo genericamente dell'opera, ma addirittura della soluzione tecnica che viene proposta, in tutti i suoi dettagli.

La contrapposizione tra chi propone l'opera e i consulenti tecnici delle strutture pubbliche è sempre molto aspra sulla mancata analisi delle alternative.

Alcune considerazioni aggiuntive sulle informazioni necessarie per la valutazione di impatto ambientale. Le considerazioni precedentemente svolte ci consentono di indicare le categorie di informazioni che occorre gestire per poter effettuare la valutazione di impatto ambientale da parte del proponente.

Nel contempo ricordiamo che le strutture pubbliche possono essere chiamate a fornire, su decisione dello Stato, le informazioni che fossero in loro possesso.

La struttura pubblica di controllo delle elaborazioni del proponente deve poter accedere a informazioni pertinenti al progetto, anche al di fuori di quelle fornite dal proponente. In sintesi le fonti, sia esistenti, sia da attivare, delle informazioni, includendo in tale parola anche i dati numerici, gli indicatori, la documentazione, ricadono nelle seguenti classi:

- 1) le informazioni che il proponente deve utilizzare per la costruzione della valutazione di impatto ambientale;
- 2) le informazioni che l'autorità pubblica possiede e che potrebbero essere rese disponibili al proponente;
- 3) le informazioni utili all'autorità pubblica di controllo dei progetti del proponente.

Data la mole e la varietà dei dati necessari per l'applicazione degli studi di VIA si rende indispensabile l'organizzazione di un sistema informativo il più possibile automatizzato, in grado di gestire flussi di informazioni relativi a settori diversi, realizzando così la raccolta, l'elaborazione e la comunicazione delle informazioni.

E' essenziale che i centri che sono in grado di costruire repertori di dati e informazioni agiscano come nodi di una rete informativa.

## LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

F. La Camera

Ministero dell'Ambiente

Roma

Com'è noto, in attesa del recepimento legislativo della direttiva del Consiglio delle Comunità Europee concernente la valutazione di impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati n.337 del 27.6.1986, i comma secondo e successivi dell'art.6 della Legge 8 luglio 1986, n. 349 (istitutiva del Ministero dell'Ambiente), introducono un regime transitorio che assegna al Ministero dell'Ambiente di concerto con il Ministero dei Beni Culturali ed Ambientali sentita la Regione interessata, il compito di valutare l'impatto ambientale, ai fini del "giudizio di compatibilità ambientale", di opere o interventi in grado di produrre rilevanti modificazioni dell'ambiente, entro 90 giorni dal ricevimento (salvo proroga deliberata dal Consiglio dei Ministri) di una "comunicazione" effettuata dal committente dell'opera e consistente, nella sostanza, in uno "studio di impatto ambientale".

La legge dispone altresì che con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'Ambiente, sentito il Comitato Scientifico del Ministero, siano individuate le norme tecniche e le categorie di opere alle quali si applica la procedura disciplinata.

In data 10 agosto 1988 con DPCM n. 377 si è ottemperato a quanto previsto dal citato art.6 individuando le categorie di opere da sottoporre al giudizio di compatibilità ambientale che vengono qui di seguito elencate:

- a) raffinerie di petrolio greggio (escluse le imprese che producono soltanto lubrificanti dal petrolio greggio), nonché impianti di gassificazione e di liquefazione di almeno 500 t al giorno di carbone o di scisti bituminosi;
- b) centrali termiche ed altri impianti di combustione con potenza termica di almeno 300 MW, nonché centrali nucleari e altri reattori nucleari (esclusi gli impianti di ricerca per la produzione e la lavorazione delle materie fissili e fertili, la cui potenza massima non supera 1 kW di durata permanente termica);
- c) impianti destinati esclusivamente allo stoccaggio definitivo o all'eliminazione definitiva dei residui radioattivi;
- d) acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio;
- e) impianti per l'estrazione di amianto, nonché per il trattamento e, la trasformazione dell'amianto-cemento, una produzione annua di oltre 20.000 t di prodotti finiti; per le guarnizioni di attrito, una produzione annua di oltre 50 t di prodotti finiti e, per gli altri impieghi dell'amianto, un'utilizzazione annua di oltre 200 t;

- f) impianti chimici integrati;
- g) autostrade e vie di rapida comunicazione definite ai sensi dell'accordo europeo sulle grandi strade di traffico internazionale del 15 novembre 1975; tronchi ferroviari per il traffico a grande distanza nonchè aeroporti con piste di decollo e di atterraggio lunghe almeno 2100 metri;
- h) porti commerciali marittimi, nonchè vie navigabili e porti per la navigazione interna accessibili a battelli superiori a 1350 t;
- i) impianti di eliminazione dei rifiuti tossici e nocivi mediante incenerimento, trattamento chimico o stoccaggi a terra;
- l) dighe ed altri impianti destinati a trattenere, regolare o accumulare le acque in modo durevole, di altezza superiore a 10 m e/o di capacità superiore a 100.000 mc.

L'art.3 dello stesso decreto rinvia ad un successivo DPCM l'emanazione di norme tecniche integrative, concernenti la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità ambientale.

Al fine di assicurare "criteri omogenei e predeterminati" agli Studi di Impatto Ambientale (SIA), e fornire il dovuto indirizzo per la preparazione e la presentazione di detti studi ai sensi della normativa citata, il Ministero ha elaborato delle apposite "linee guida". Il lavoro che vi descriverò nelle sue linee generali è stato possibile grazie alla collaborazione dei componenti della apposita Commissione istituita con decreto ministeriale del 18 novembre 1987. Di questo organismo fanno parte rappresentanti degli organi tecnico-scientifici più direttamente coinvolti nello studio delle dinamiche ambientali (Istituto Superiore della Sanità, Consiglio Nazionale delle Ricerche, ENEA, ENEA DISP, Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro, Servizio Geologico d'Italia) nonchè direttori e ricercatori di dipartimenti e di centri universitari. Con gli organismi rappresentati nella Commissione la Direzione Generale per la valutazione dell'impatto ambientale ha anche promosso convenzioni finalizzate alle necessarie ricerche propedeutiche alla definizione del quadro generale e degli approfondimenti di settore. Nel corso del lavoro si è inevitabilmente allargato l'ambito delle analisi consentendo di definire un approccio generale alle problematiche tecnico-scientifiche, sollevate dall'introduzione della VIA nel nostro Paese. Il superamento, in qualche limitato ambito, di quanto previsto dall'art.6 a proposito della "comunicazione" potrà eventualmente essere considerato nella legge quadro di recepimento della direttiva.

Le linee guida sono attualmente strutturate in:

- uno schema-tipo diviso in capitoli e sottocapitoli che definisce un indice generale contenente in forma organizzata gli studi da svolgere e le informazioni da offrire con il SIA;

- una nota che, riprendendo le voci dell'indice, ne precisa i contenuti e le modalità di presentazione;
- l'insieme delle rappresentazioni cartografiche, dei disegni, dei profili, delle tabelle, dei diagrammi e quanto ancora si ritiene utile ai fini della presentazione sistematica dei dati afferenti la realtà ambientale e progettuale considerata; gli schemi di riferimento presentati nella parte terza; essa contiene anche l'indicazione delle possibili fonti di reperimento dei dati e dei principali modelli previsionali;
- un'appendice contenente un glossario ed i riferimenti normativi a cui potranno essere accluse indicazioni bibliografiche.

L'impostazione seguita tiene conto della generale convinzione che le analisi oggetto del SIA devono contenere per ciascun progetto le informazioni ed i dati necessari a definire lo stato di qualità dell'ambiente avendo come riferimento il momento in cui debbono prendersi le decisioni sul progetto (anno zero) e le previsioni sulle sue modificazioni dovute alla realizzazione ed alla gestione del progetto, nelle sue varie alternative, compresa l'alternativa di non far nulla (alternativa 0). Nella fase di realizzazione e gestione vanno compresi la predisposizione del cantiere e lo smantellamento delle opere o degli impianti a fine esercizio.

Le analisi richieste verranno condotte all'interno di tre diversi quadri di riferimento:

- quadro di riferimento programmatico territoriale;
- quadro di riferimento progettuale;
- quadro di riferimento ambientale.

E possono essere così elencate:

#### **IL QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO**

- la descrizione del progetto in relazione agli stati di attuazione degli strumenti pianificatori, di settore e territoriali, nei quali è inquadrabile il progetto stesso; per le opere pubbliche sono precisate le eventuali priorità ivi predeterminate;
- la descrizione dei rapporti di coerenza del progetto con gli obiettivi perseguiti dagli strumenti pianificatori, evidenziando, con riguardo all'area interessata;
- l'indicazione dei tempi di attuazione dell'intervento e delle eventuali infrastrutture a servizio e complementari con riferimento anche ai flussi di finanziamento;
- l'attualità del progetto e la motivazione delle eventuali modifiche apportate dopo la sua originaria concezione;
- le eventuali disarmonie di previsioni contenute in distinti strumenti programmatici.

## IL QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

- la natura dei beni e/o servizi offerti;
- il grado di copertura della domanda ed i suoi livelli di soddisfacimento in funzione delle diverse ipotesi progettuali esaminate, ciò anche con riferimento all'ipotesi di assenza dell'intervento;
- la prevedibile evoluzione qualitativa e quantitativa del rapporto domanda-offerta riferita alla presumibile vita tecnica ed economica all'intervento;
- l'articolazione delle attività necessarie alla realizzazione dell'opera in fase di cantiere e di quelle che ne caratterizzano l'esercizio;
- le norme e prescrizioni di strumenti urbanistici, piani paesistici e territoriali e piani di settore;
- i vincoli paesaggistici, architettonici, archeologici, storico-culturali, demaniali ed idrogeologici, servitù ed altre limitazioni alla proprietà;
- i condizionamenti indotti dalla natura e vocazione dei luoghi e da particolari esigenze di tutela ambientale;
- le scelte di processo per gli impianti industriali, per la produzione di energia elettrica e per lo smaltimento dei rifiuti;
- le condizioni di utilizzazione di risorse naturali e di materie prime direttamente utilizzate o interessate nelle diverse fasi di realizzazione del progetto e di esercizio dell'opera;
- le necessità progettuali di livello esecutivo e le esigenze gestionali imposte o da ritenersi necessarie a seguito dell'analisi ambientale;
- le eventuali misure non strettamente riferibili al progetto o provvedimenti di carattere gestionale che si ritiene opportuno adottare per contenere gli impatti sia nel corso della fase di costruzione che di esercizio;
- gli interventi di ottimizzazione dell'inserimento nel territorio e nell'ambiente;
- gli interventi tesi a riequilibrare eventuali scompensi indotti sull'ambiente.

Per le opere pubbliche o a rilevanza pubblica si illustrano i risultati dell'analisi economica di costi e benefici, ove espletata, e si evidenziano in particolare i diversi elementi considerati, i valori unitari assunti nell'analisi, il tasso di redditività interna dell'investimento.

## IL QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

- la definizione dell'ambito territoriale -inteso come sito ed area vasta- e i sistemi ambientali interessati dal progetto, sia direttamente che indirettamente, entro cui è da presumere che possano manifestarsi effetti significativi sulla qualità degli stessi;
- la descrizione dei sistemi ambientali interessati, ponendo in evidenza l'eventuale criticità degli equilibri esistenti;
- la individuazione delle aree, delle componenti e dei fattori ambientali e le relazioni tra essi esistenti che manifestano un carattere di eventuale criticità, al fine di evidenziare gli approfondimenti di indagine necessari al caso specifico;
- la definizione dei livelli di qualità preesistenti all'intervento per ciascuna componente ambientale interessata e gli eventuali fenomeni di degrado delle risorse in atto;
- la descrizione degli usi plurimi previsti delle risorse, la priorità negli usi delle medesime e gli ulteriori usi potenziali coinvolti dalla realizzazione del progetto;
- la stima qualitativa e quantitativa degli impatti indotti dall'opera sul sistema ambientale nonché le interazioni degli impatti con le diverse componenti ed i fattori ambientali anche in relazione ai rapporti esistenti tra essi;
- la descrizione delle modificazioni delle condizioni d'uso e della fruizione potenziale del territorio, in rapporto alla situazione preesistente;
- la descrizione della prevedibile evoluzione, a seguito dell'intervento, delle componenti e dei fattori ambientali, delle relative interazioni e del sistema ambientale complessivo;
- la descrizione e stima della modifica, sia nel breve che nel lungo periodo dei livelli di qualità preesistenti in relazione agli approfondimenti di quanto è già stato detto;
- la definizione degli strumenti di gestione e di controllo e, ove necessario, le reti di monitoraggio ambientale, documentando la localizzazione dei punti di misura e i parametri ritenuti opportuni;
- la illustrazione dei sistemi di intervento nell'ipotesi di manifestarsi di emergenze particolari.

In definitiva le diverse fasi dello studio dovranno consentire:

- la descrizione dell'ambiente nelle sue varie componenti nell'ambito territoriale interessato dal progetto;
- la descrizione del progetto, delle sue principali alternative e l'individuazione dei suoi momenti di interferenza con l'ambiente;

- la misurazione degli impatti fra ambiente e progetto;
- la stima e la previsione dei nuovi livelli di qualità dell'ambiente in relazione agli usi prevalenti delle risorse disponibili.

Si prevede che lo studio abbia come riferimento non soltanto gli effetti direttamente prodotti dalla realizzazione e dall'esercizio degli interventi progettati, ma anche gli effetti conseguenti al complesso di eventi e di opere connesse alla loro realizzazione. In particolare lo studio di impatto andrà sviluppato tendendo ad individuare tutti gli aspetti che concorrono a definire l'intervento nel suo complesso e che siano sviluppate proiezioni che definiscano effetti indotti che abbiano un'alta probabilità di verificarsi come conseguenza diretta della realizzazione degli interventi.

Le analisi che formano oggetto del SIA, secondo quanto si intende proporre, focalizzano la loro attenzione su 10 principali componenti o fattori ambientali: acqua, aria, suolo e sottosuolo, vegetazione e fauna, paesaggio, rumore, benessere e salute umana, aspetti socio-economici e territoriali, radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, ecosistemi.

Sempre nell'ambito delle linee guida si è ritenuto utile offrire agli estensori degli studi un primo momento di orientamento indicando in matrici coassiali successive, secondo checklist predeterminate, le cause possibili di perturbazione dell'ambiente, i possibili effetti primari e secondari da esse prodotti per le tipologie progettuali contenute nel Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri. Ovviamente si tratta di indicazioni che non hanno alcun carattere di rigidità e sono estremamente generali. Sarà quindi possibile individuare per ogni specifico intervento altre cause ed effetti o dare maggior enfasi ad aspetti particolari che meritano una maggiore disaggregazione

In definitiva gli studi redatti secondo le indicazioni delle linee guida dovrebbero consentire la presentazione di un quadro di informazioni il più ampio possibile ed organizzato, nel quale siano presi in considerazione anche gli effetti dei progetti sui corpi recettori finali e le catene causa-effetto di diffusione degli inquinanti.

Gli sviluppi del lavoro vanno in direzione di un continuo aggiornamento delle linee guida che dovranno rivestire ancora un carattere di sperimentazione, e poi di un approfondimento ed adattamento alle varie realtà progettuali sulla base delle apposite guide settoriali. Il successo, nell'ambito delle attività della Direzione Generale competente, dipenderà anche dai contributi che chiunque potrà fare pervenire in questo periodo di verifica con i soggetti istituzionalmente interessati.

\* Questa relazione è stata tenuta prima dell'uscita del DPCM del 27-12-1988 relativo alla redazione degli studi di impatto ambientale e che viene riportato nel presente Rapporto, in Appendice.

## INIZIATIVE DIDATTICHE DELL'ISTITUTO SUPERIORE DI SANITA'

M. C. Calicchia

Istituto Superiore di Sanità

Roma

### PREMESSA

Le attività di formazione sono ormai internazionalmente riconosciute come fattore strategico a medio-lungo termine per il successo:

- sia dello svolgimento di attività "di routine", poichè permettono l'introduzione di innovazioni tecnologiche e di risultati della sperimentazione;
- sia nella formazione di personale già in servizio e di nuove professionalità, poichè permettono di stimolare orientamenti funzionali di strutture, servizi, sistemi così come motivazioni e flessibilità.

A livello nazionale, per quanto riguarda la formazione del personale del Servizio Sanitario Nazionale (SSN), la maggior parte degli interventi didattici non risponde a criteri di metodologie omogenee sul territorio, nè a processi di programmazione strategica degli interventi stessi. Mentre solamente in poche Regioni si sono venuti consolidando sistemi didattici permanenti.

I programmi annuali dell'ISS, a partire dal 1979 hanno individuato alcune aree di intervento, rilevanti ai fini della sanità pubblica, permettendo di riversare, negli stessi programmi didattici, le esperienze derivanti dalla ricerca e dalla centralità delle attività istituzionali. In tal senso l'Istituto ha operato in qualità sia di ente di ricerca che di organo tecnico-scientifico del SSN.

Oltre numerosissimi Convegni, Seminari e Conferenze l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) promuove e organizza Corsi di aggiornamento e specializzazione specificatamente per il personale laureato del Servizio Sanitario Nazionale (SSN), in collaborazione con Regioni, Università ed Enti di Ricerca (art. 9, legge n. 833 del 23.12.78).

Il programma didattico annuale dell'Istituto viene sottoposto, tramite il Ministro della Sanità, all'approvazione del Consiglio Sanitario Nazionale.

Dal 1979 ad oggi sono stati organizzati oltre 167 Corsi di breve durata, su proposta di diversi Laboratori dell'ISS; tra questi, più di un terzo ha toccato, marginalmente o specificatamente, temi riguardanti il Settore Ambiente.

### CORSI SUI METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA "COMPONENTE SALUTE" NELL'ANALISI DI IMPATTO AMBIENTALE

A partire dal 1986 sono stati svolti tre Corsi sui "Metodi per la Valutazione della 'Componente Salute' nell'Analisi di Impatto Ambientale", organizzati dall'ISS in collaborazione con l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), essendo riconosciuto dalla stessa come sede di diversi Centri OMS di Collaborazione e di Riferimento, in particolar modo per la Regione Europea.

Per quanto riguarda la docenza un valido contributo è venuto da rappresentanti della Regione Europea dell'OMS, oltre quelli della CEE, del Centre for Environmental Management and Planning dell'Università di Aberdeen in Scozia e da esperti dell'Istituto Superiore di Sanità.

Obiettivo di tali Corsi è stato l'aggiornamento degli operatori del SSN sui seguenti argomenti: uso delle principali sorgenti di informazione chimica, fisico-chimica e tossicologica di interesse nella valutazione dei rischi; metodi per la stima del comportamento ambientale dei prodotti chimici; metodi per la stima dei possibili livelli di esposizione e dei possibili effetti; procedure individuate dall'OMS per la valutazione della "componente salute" nell'analisi di impatto ambientale.

In relazione al suddetto obiettivo, quindi, il metodo utilizzato prevedeva lezioni e discussioni generali e un numero massimo di 80-120 partecipanti.

Tali iniziative sono state rivolte a tecnici laureati di Amministrazioni regionali, provinciali e comunali, USL, Presidi Multizonali di Prevenzione (PMP), Enti di Ricerca ed Università, impegnati in attività di ricerca e controllo ambientale; le stesse hanno registrato un'ampia partecipazione di diverse Istituzioni e professionalità.

Le tabelle che seguono presentano, anche se in modo riassuntivo, i dati relativi ai partecipanti (v. Tabelle 1, 2 e 3) in relazione alle tre edizioni dei Corsi suddetti.

Per quanto riguarda l'edizione del 1987 e 1988 è stato distribuito a tutti i partecipanti un questionario di "Valutazione finale del Corso" (v. Allegato A), con domande a risposta chiusa e aperta, per ottenere dati in merito a: metodi e contenuti del Corso stesso oltre, ad un questionario di "Valutazione personale delle singole lezioni", per ottenere dati in merito a: utilità, modalità di presentazione, livello di difficoltà, materiale didattico; mentre, lo scopo, più in generale, è stato quello di poter effettuare una verifica del "successo" del Corso e poter raccogliere elementi utili per programmare successive edizioni.

Per motivi di brevità, si riportano solo i dati riguardanti la "valutazione finale" del Corso tenutosi nel 1988. In tale edizione sono stati consegnati 89 questionari e ne sono stati restituiti 58, i risultati ottenuti sono i seguenti:

"domanda n.**"	"valore ottenuto in %"
2	92.24
3	75.29
4	87.50
5	86.11
6	90.00
7	90.88

(\* v. Allegato A)

Il sistema usato per calcolare i valori ottenuti ovvero l'indice di soddisfazione, colloca la "soddisfazione media" ad un risultato equivalente al 60%. E' evidente che in ragione delle percentuali sopra riportate le stesse permettono di ottenere buoni elementi circa il "gradimento" del Corso, in termini di consenso soprattutto per quanto riguarda i temi trattati.

Tabella 1. - 1986 - I edizione CORSO SUI METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPONENTE SALUTE NELL'ANALISI DI IMPATTO AMBIENTALE

data 18-20 novembre	
il programma prevedeva :	
lezioni	13 ore
dimostrazioni	2 "
tavola rotonda	2 "
comunicaz. libere	1 "
partecipanti 114 di cui : F 37, M 77	
titolo di studio (laurea) :	
biologia	23
chimica	28
ingegneria	6
medicina	30
altro	27
istituzioni rappresentate:	
USL	22
PMP	16
Comune	2
Provincia	/
Regione	13
Enti di Ricerca	5
Università	7
Ministeri	16
ISS	16
ISPESI	4
altro	16

Regioni rappresentate : Abruzzo, Campania, Emilia Romagna, Lazio, Liguria, Lombardia, Marche, Piemonte, Puglia, Sardegna, Sicilia, Toscana, Umbria, Valle d'Aosta, Veneto.

Tabella 2. - 1987 - II edizione CORSO SUI METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPONENTE SALUTE NELL'ANALISI DI IMPATTO AMBIENTALE

data 17-19 novembre	
il programma prevedeva :	
lezioni	16 ore
partecipanti 112 di cui : F 35, M 77	
titolo di studio (laurea) :	
biologia	17
chimica	33
ingegneria	5
medicina	33
med. veterinaria	4
altro	20
istituzioni rappresentate :	
USL	53
PMP	11
Comune	3
Provincia	2
Regione	11
Enti di Ricerca	2
Università	3
Ministeri	14
ISS	9
altro	4

Regioni rappresentate: Abruzzo, Campania, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Lazio, Liguria, Lombardia, Marche, Molise, Piemonte, Puglia, Sardegna, Sicilia, Toscana, Umbria, Veneto.

Tabella 3. - 1988 - III edizione CORSO SUI METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPONENTE SALUTE NELL'ANALISI DI IMPATTO AMBIENTALE

data 23-25 novembre	
il programma prevedeva :	
lezioni	16 ore
partecipanti 89 di cui : F 32, M 57	
titolo di studio (laurea) :	
biologia	15
chimica	11
fisica	3
ingegneria	6
medicina	40
med.veterinaria	2
altro	12
istituzioni rappresentate :	
USL	48
PMP	6
Comune	/
Provincia	3
Regione	7
Enti di Ricerca	8
Ministeri	9
ISS	7
altro	2

Regioni rappresentate: Abruzzo, Basilicata, Campania, Emilia Romagna, Lazio, Liguria, Lombardia, Marche, Molise, Piemonte, Puglia, Umbria, Veneto.

In relazione alla domanda n. 1, relativa alla "durata del Corso", per le categorie utilizzate, le risposte hanno dato le seguenti percentuali:

- troppo corta	42,86
- adeguata	57,14
- troppo lunga	/

I commenti presenti nelle domande a risposta aperta hanno confermato la tendenza evidenziata in quelle a risposta chiusa ovvero il forte interesse dei partecipanti ai temi trattati e quindi, il bisogno percepito di maggiori iniziative al riguardo utilizzando metodi che non prevedano solo relazioni.

### CONCLUSIONI

In considerazione ai sentiti problemi connessi al controllo ambientale, le iniziative didattiche in questione hanno registrato, a livello nazionale, una forte partecipazione.

La complessità dei problemi legati all'ambiente, richiederebbe, però, oltre alle iniziative di aggiornamento su accennate, anche la promozione di specifiche attività di formazione, per le diverse professionalità che si occupano di ricerca e controllo ambientale.

Tali attività di formazione dovrebbero individuare obiettivi educativi chiari, precisi e pertinenti ai problemi sanitari. Un approccio "per obiettivi" o per "risoluzione di problemi" migliorerebbe, infatti, la preparazione del personale ad affrontare compiti professionali legati alla salute pubblica, innescando un processo il cui scopo è quello di facilitare modificazioni pre-definite del comportamento.

Ciò premesso, anche in base alle esperienze sopra riportate, va sottolineato che nel pianificare tali attività si dovrebbero prendere in debita considerazione i seguenti elementi:

- 1) l'utilizzazione delle esperienze e delle conoscenze dei partecipanti, attraverso l'impiego di metodi interattivi;
- 2) l'approccio multidisciplinare;
- 3) l'inclusione di strumenti e metodi dell'educazione sanitaria e ambientale.

La proposizione di situazioni di scambio di esperienze e confronto di idee, anche a livello multidisciplinare, può permettere, infatti, una formazione mirata alla complessità dei problemi ambientali che vedono, proprio nella sinergia di diverse capacità professionali, l'investimento più proficuo in ragione delle professionalità interessate. Infine, gli strumenti e i metodi dell'educazione sanitaria e ambientale completerebbero il processo educativo, essenzialmente basato sulla partecipazione e responsabilizzazione nei confronti della salute individuale e collettiva.

## BIBLIOGRAFIA

- M. C. CALICCHIA & M. SCORZIELLO. *La formazione di Operatori Sanitari: Veterinari e Medici. Esperienze di Utilizzazione di Metodi Interattivi, Veterinary Public Health Reports/Rapporti di Sanità Pubblica Veterinaria, ISS/WHO/CC/89.4*
- M. C. CALICCHIA, M. C. MURA, M. BIGNA. *Actividades del Instituto Superior de Sanità para la Educacion Sanitaria, Actas I Conferencia Europea de Educacion Para la Salud, Madrid, 1987*
- J.J. GUILBERT. *Guida Pedagogica OMS, terza edizione riveduta e ampliata, Armando Armando Editore, Roma, 1987*
- M. KANTROWITZ et al. *Innovative Tracks at Multilateral Institutions for the Education of Health Personnel. An experimental approach to change relevant to health needs, WHO Offset Publication no. 101, Geneva, 1987*
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Targets for health for all, Geneva, 1985*
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Community based education of health personnel, Report of a WHO Study Group, Technical Report Series no. 746, Geneva, 1987*

III CORSO SUI METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA "COMPONENTE SALUTE" NELL'ANALISI DI IMPATTO AMBIENTALE  
23 - 25 NOVEMBRE 1988

**VALUTAZIONE FINALE DEL CORSO**

Barrare le caselle corrispondenti al grado d'accordo con le seguenti affermazioni:

	Troppo corta	Adeguate	Troppo lunga
1) La durata del Corso è stata:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Molto d'accordo	D'accordo	Incerto
			Non d'accordo
2) Consiglierei ad un mio collega di partecipare ad un Corso analogo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) Il metodo di lavoro utilizzato mi ha spinto a partecipare attivamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) Il Corso ha soddisfatto le mie aspettative	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) Il materiale didattico consegnato mi ha soddisfatto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) Potrò utilizzare le nozioni apprese nel mio lavoro futuro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) Desidero approfondire gli argomenti trattati	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Quali sono gli aspetti del Corso ritenuti più soddisfacenti

.....

.....

.....

.....

Quali sono gli aspetti del Corso ritenuti suscettibili di miglioramento

.....

.....

.....

.....

<b>DATI DI BASE DEL PARTECIPANTE</b>
--------------------------------------

Provenienza     Italia Settentrionale     Italia Centrale     Italia Meridionale ed Isole

Età             ≤ 29     30-34     35-39     ≥ 40

Sede di lavoro     Servizio territoriale     Ospedale  
 Altri enti di ricerca     Amministrazione regionale  
 Amministrazione statale     Università  
 Altro

Inquadramento     Di ruolo     Borse di studio     Volontario o altro

Responsabilità di insegnamento o di organizzazione dei Corsi     Sì     No

Se Sì, quali.....  
.....

Spazio riservato alla Segreteria Organizzativa

Settore	<input type="text"/>	Tipo	<input type="text"/>	Codice	<input type="text"/>	Anno	<input type="text"/>
---------	----------------------	------	----------------------	--------	----------------------	------	----------------------

## APPENDICE

DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI  
MINISTRI 27 dicembre 1988.

Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377.

IL PRESIDENTE  
DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

Visto l'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349;

Visto l'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377;

Vista la direttiva del Consiglio delle Comunità europee n. 85/377 del 27 giugno 1985, concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati;

Sentito il comitato scientifico di cui all'art. 11 della legge 8 luglio 1986, n. 349;

Vista la deliberazione del Consiglio dei Ministri, adottata nella riunione del 21 dicembre 1988;

Sulla proposta del Ministro dell'ambiente, il quale ha acquisito il concerto dei Ministri competenti;

Decreta:

Art. 1.

*Finalità*

1. Per tutte le categorie di opere di cui all'art. 1 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377, sono adottate le seguenti norme tecniche integrative che definiscono:

a) i contenuti degli studi di impatto ambientale e la loro articolazione, la documentazione relativa, l'attività

istruttoria ed i criteri di formulazione del giudizio di compatibilità;

b) le componenti ed i fattori ambientali (allegato I);  
c) le caratterizzazioni delle componenti e dei fattori ambientali e le relazioni tra questi esistenti per l'analisi e la valutazione del sistema ambientale (allegato II);

d) i criteri peculiari da applicare nella redazione degli studi in relazione alla specifica tipologia di ciascuna categoria di opere (allegato III);

e) le procedure da applicare per i progetti di centrali termoelettriche e turbogas (allegato IV).

2. Il giudizio di compatibilità ambientale è reso, tenuto conto degli studi effettuati dal committente, previa valutazione degli effetti dell'opera sul sistema ambientale con riferimento a componenti, fattori, relazioni tra essi esistenti, stato di qualità dell'area interessata.

3. Lo studio di impatto ambientale dell'opera è redatto conformemente alle prescrizioni relative ai quadri di riferimento programmatico, progettuale ed ambientale ed in funzione della conseguente attività istruttoria della pubblica amministrazione.

4. Le presenti norme tecniche integrano le prescrizioni di cui all'art. 2, comma 3, ed all'art. 6 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377.

#### Art. 2.

##### *Documentazione degli studi di impatto*

1. Il committente è tenuto ad allegare alla domanda di pronuncia sulla compatibilità ambientale, in tre copie al Ministero dell'ambiente e due rispettivamente al Ministero per i beni culturali e ambientali ed alla regione interessata, i seguenti atti:

a) lo studio di impatto ambientale articolato secondo i quadri di riferimento di cui ai successivi articoli, ivi comprese le caratterizzazioni e le analisi;

b) gli elaborati di progetto;

c) una sintesi non tecnica destinata all'informazione al pubblico, con allegati grafici di agevole riproduzione;

d) la documentazione attestante l'avvenuta pubblicazione ai sensi dell'art. 1, comma 1, del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 377/1988.

2. Lo studio di impatto è inoltre corredato da:

a) documenti cartografici in scala adeguata ed in particolare carte geografiche generali e speciali, carte tematiche, carte tecniche; foto aeree; tabelle; grafici ed eventuali stralci di documenti; fonti di riferimento;

b) altri eventuali documenti ritenuti utili dal committente o richiesti dalla commissione di valutazione di cui all'art. 18 della legge 11 marzo 1988, n. 67, per particolari progetti;

c) indicazione della legislazione vigente e della regolamentazione di settore concernente la realizzazione e l'esercizio dell'opera, degli atti provvedimenti e consultivi necessari alla realizzazione dell'intervento, precisando quelli già acquisiti e quelli da acquisire;

d) esposizione sintetica delle eventuali difficoltà, lacune tecniche o mancanza di conoscenze, incontrate dal committente nella raccolta dei dati richiesti.

3. L'esattezza delle allegazioni è attestata da apposita dichiarazione giurata resa dai professionisti iscritti agli albi professionali, ove esistenti, ovvero dagli esperti che firmano lo studio di impatto ambientale.

4. I dati e le informazioni ai quali si applica la vigente disciplina a tutela del segreto industriale sono esclusi dalla pubblicità di cui all'art. 5 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377, ed essi possono essere trasmessi con plico separato.

#### Art. 3.

##### *Quadro di riferimento programmatico*

1. Il quadro di riferimento programmatico per lo studio di impatto ambientale fornisce gli elementi conoscitivi sulle relazioni tra l'opera progettata e gli atti di pianificazione e programmazione territoriale e settoriale. Tali elementi costituiscono parametri di riferimento per la costruzione del giudizio di compatibilità ambientale di cui all'art. 6. È comunque escluso che il giudizio di compatibilità ambientale abbia ad oggetto i contenuti dei suddetti atti di pianificazione e programmazione, nonché la conformità dell'opera ai medesimi.

2. Il quadro di riferimento programmatico in particolare comprende:

a) la descrizione del progetto in relazione agli stati di attuazione degli strumenti pianificatori, di settore e territoriali, nei quali è inquadrabile il progetto stesso; per le opere pubbliche sono precisate le eventuali priorità ivi predeterminate;

b) la descrizione dei rapporti di coerenza del progetto con gli obiettivi perseguiti dagli strumenti pianificatori, evidenziando, con riguardo all'area interessata:

1) le eventuali modificazioni intervenute con riguardo alle ipotesi di sviluppo assunte a base delle pianificazioni;

2) l'indicazione degli interventi connessi, complementari o a servizio rispetto a quello proposto, con le eventuali previsioni temporali di realizzazione;

c) l'indicazione dei tempi di attuazione dell'intervento e delle eventuali infrastrutture a servizio e complementari.

3. Il quadro di riferimento descrive inoltre:

a) l'attualità del progetto e la motivazione delle eventuali modifiche apportate dopo la sua originaria concezione;

b) le eventuali disarmonie di previsioni contenute in distinti strumenti programmatori.

#### Art. 4.

##### *Quadro di riferimento progettuale*

1. Il quadro di riferimento progettuale descrive il progetto e le soluzioni adottate a seguito degli studi effettuati, nonché l'inquadramento nel territorio, inteso come sito e come area vasta interessata. Esso consta di due distinte parti, la prima delle quali, che comprende gli

elementi di cui ai commi 2 e 3, esplicita le motivazioni assunte dal proponente nella definizione del progetto; la seconda, che riguarda gli elementi di cui al comma 4, concorre al giudizio di compatibilità ambientale e descrive le motivazioni tecniche delle scelte progettuali, nonché misure, provvedimenti ed interventi, anche non strettamente riferibili al progetto, che il proponente ritiene opportuno adottare ai fini del migliore inserimento dell'opera nell'ambiente, fermo restando che il giudizio di compatibilità ambientale non ha ad oggetto la conformità dell'opera agli strumenti di pianificazione, ai vincoli, alle servitù ed alla normativa tecnica che ne regola la realizzazione.

2. Il quadro di riferimento progettuale precisa le caratteristiche dell'opera progettata, con particolare riferimento a:

- a) la natura dei beni e/o servizi offerti;
- b) il grado di copertura della domanda ed i suoi livelli di soddisfacimento in funzione delle diverse ipotesi progettuali esaminate, ciò anche con riferimento all'ipotesi di assenza dell'intervento;
- c) la prevedibile evoluzione qualitativa e quantitativa del rapporto domanda-offerta riferita alla presumibile vita tecnica ed economica dell'intervento;
- d) l'articolazione delle attività necessarie alla realizzazione dell'opera in fase di cantiere e di quelle che ne caratterizzano l'esercizio;
- e) i criteri che hanno guidato le scelte del progettista in relazione alle previsioni delle trasformazioni territoriali di breve e lungo periodo conseguenti alla localizzazione dell'intervento, delle infrastrutture di servizio e dell'eventuale indotto.

3. Per le opere pubbliche o a rilevanza pubblica si illustrano i risultati dell'analisi economica di costi e benefici, ove già richiesta dalla normativa vigente, e si evidenziano in particolare i seguenti elementi considerati, i valori unitari assunti dall'analisi, il tasso di redditività interna dell'investimento.

4. Nel quadro progettuale si descrivono inoltre:

- a) le caratteristiche tecniche e fisiche del progetto e le aree occupate durante la fase di costruzione e di esercizio;
- b) l'insieme dei condizionamenti e vincoli di cui si è dovuto tener conto nella redazione del progetto e in particolare:
  - 1) le norme tecniche che regolano la realizzazione dell'opera;
  - 2) le norme e prescrizioni di strumenti urbanistici, piani paesistici e territoriali e piani di settore;
  - 3) i vincoli paesaggistici, naturalistici, architettonici, archeologici, storico-culturali, demaniali ed idrogeologici, servitù ed altre limitazioni alla proprietà;
  - 4) i condizionamenti indotti dalla natura e vocazione dei luoghi e da particolari esigenze di tutela ambientale;
  - c) le motivazioni tecniche della scelta progettuale e delle principali alternative prese in esame, opportunamente descritte, con particolare riferimento a:
    - 1) le scelte di processo per gli impianti industriali, per la produzione di energia elettrica e per lo smaltimento di rifiuti;

- 2) le condizioni di utilizzazione di risorse naturali e di materie prime direttamente ed indirettamente utilizzate o interessate nelle diverse fasi di realizzazione del progetto e di esercizio dell'opera;

- 3) le quantità e le caratteristiche degli scarichi idrici, dei rifiuti, delle emissioni nell'atmosfera, con riferimento alle diverse fasi di attuazione del progetto e di esercizio dell'opera;

- 4) le necessità progettuali di livello esecutivo e le esigenze gestionali imposte o da ritenersi necessarie a seguito dell'analisi ambientale;

- d) le eventuali misure non strettamente riferibili al progetto o provvedimenti di carattere gestionale che si ritiene opportuno adottare per contenere gli impatti sia nel corso della fase di costruzione, che di esercizio;

- e) gli interventi di ottimizzazione dell'inserimento nel territorio e nell'ambiente;

- f) gli interventi tesi a riequilibrare eventuali scompensi indotti sull'ambiente.

5. Per gli impianti industriali sottoposti alla procedura di cui al decreto del Presidente della Repubblica 17 maggio 1988, n. 175, gli elementi richiesti ai comuni precedenti che siano compresi nel rapporto di sicurezza di cui all'art. 5 del citato decreto possono essere sostituiti dalla presentazione di copia del rapporto medesimo.

#### Art. 5.

##### *Quadro di riferimento ambientale*

1. Per il quadro di riferimento ambientale lo studio di impatto è sviluppato secondo criteri descrittivi, analitici e previsionali.

2. Con riferimento alle componenti ed ai fattori ambientali interessati dal progetto, secondo quanto indicato all'allegato III integrato, ove necessario e d'intesa con l'amministrazione proponente, ai fini della valutazione globale di impatto, dalle componenti e fattori descritti negli allegati I e II, il quadro di riferimento ambientale:

- a) definisce l'ambito territoriale — inteso come sito ed area vasta — e i sistemi ambientali interessati dal progetto, sia direttamente che indirettamente, entro cui è da presumere che possano manifestarsi effetti significativi sulla qualità degli stessi;

- b) descrive i sistemi ambientali interessati, ponendo in evidenza l'eventuale criticità degli equilibri esistenti;

- c) individua le aree, le componenti ed i fattori ambientali e le relazioni tra essi esistenti, che manifestano un carattere di eventuale criticità, al fine di evidenziare gli approfondimenti di indagine necessari al caso specifico;

- d) documenta gli usi plurimi previsti delle risorse, la priorità negli usi delle medesime e gli ulteriori usi potenziali coinvolti dalla realizzazione del progetto;

- e) documenta i livelli di qualità preesistenti all'intervento per ciascuna componente ambientale interessata e gli eventuali fenomeni di degrado delle risorse in atto.

3. In relazione alle peculiarità dell'ambiente interessato così come definite a seguito delle analisi di cui ai precedenti commi, nonché ai livelli di approfondimento necessari per la tipologia di intervento proposto come precisato nell'allegato III, il quadro di riferimento ambientale:

a) stima qualitativamente e quantitativamente gli impatti indotti dall'opera sul sistema ambientale, nonché le interazioni degli impatti con le diverse componenti ed i fattori ambientali, anche in relazione ai rapporti esistenti tra essi;

b) descrive le modificazioni delle condizioni d'uso e della fruizione potenziale del territorio, in rapporto alla situazione preesistente;

c) descrive la prevedibile evoluzione, a seguito dell'intervento, delle componenti e dei fattori ambientali, delle relative interazioni e del sistema ambientale complessivo;

d) descrive e stima la modifica, sia nel breve che nel lungo periodo, dei livelli di qualità preesistenti, in relazione agli approfondimenti di cui al presente articolo;

e) definisce gli strumenti di gestione e di controllo e, ove necessario, le reti di monitoraggio ambientale, documentando la localizzazione dei punti di misura e i parametri ritenuti opportuni;

f) illustra i sistemi di intervento nell'ipotesi di manifestarsi di emergenze particolari.

#### Art. 6.

##### *Istruttoria per il giudizio di compatibilità ambientale*

1. La commissione di cui all'art. 18, comma 5, della legge 11 marzo 1988, n. 67, verifica il progetto, anche mediante accertamento d'ufficio, in relazione alle specificazioni, descrizioni e piani richiesti dall'art. 2, comma 3, del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377, ed a quanto previsto dall'art. 6 del medesimo decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri.

2. L'istruttoria si conclude con parere motivato, tenuto conto degli studi effettuati dal proponente e previa valutazione degli effetti, anche indotti, dell'opera sul sistema ambientale, raffrontando la situazione esistente al momento della comunicazione con la previsione di quella successiva. La commissione identifica inoltre, se necessario, le eventuali prescrizioni finalizzate alla compatibilità ambientale del progetto.

3. La commissione ha facoltà di richiedere i pareri di enti ed amministrazioni pubbliche e di organi di consulenza tecnico-scientifica dello Stato, che ritenga opportuno acquisire nell'ambito dell'istruttoria.

4. Ove sia verificata l'incompletezza della documentazione presentata, il Ministero dell'ambiente provvede a richiedere, possibilmente in un'unica soluzione, le integrazioni necessarie. Tale richiesta ha effetto di pronuncia interlocutoria negativa.

5. Restano comunque salve le prescrizioni tecniche attinenti all'esecuzione delle opere e degli impianti ed alla loro sicurezza ai sensi delle disposizioni vigenti.

6. Il committente delle opere ha facoltà di comunicare al Ministero dell'ambiente - Commissione per le valutazioni dell'impatto ambientale di cui all'art. 18, comma 5, della legge 11 marzo 1988, n. 67, l'inizio degli studi di impatto ambientale e delle conseguenti operazioni tecniche. Il presidente della commissione ha facoltà di designare osservatori che assistano a sopralluoghi, prove, verifiche sperimentali di modelli ed altre operazioni tecniche, non facilmente ripetibili, che siano funzionali allo studio.

7. La commissione provvede altresì a verificare la sussistenza delle condizioni di esclusione dei progetti relativi agli interventi di cui al comma 3 dell'art. 1 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377.

#### Art. 7.

##### *Requisiti di trasparenza del procedimento ed atti successivi*

1. Il Ministero dell'ambiente assicura la consultazione della sintesi non tecnica di cui all'art. 2, comma 1, lettera c), anche attraverso accordi con istituzioni scientifiche o culturali pubbliche.

2. Il giudizio di compatibilità è reso ai sensi dell'art. 6, comma 4, della legge 8 luglio 1986, n. 349, con atto definitivo che contestualmente considera le osservazioni, le proposte e le allegazioni presentate ai sensi del comma 9 del medesimo art. 6, esprimendosi sulle stesse singolarmente o per gruppi.

#### Art. 8.

##### *Disposizioni attuative del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377*

1. Per impianti chimici integrati di cui all'art. 1, comma 1, lettera f), del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377, si intende l'insieme di due o più unità produttive che realizzano processi di trasformazione o di sintesi, che concorrono a determinare prodotti chimici merceologicamente definiti, se possono incidere segnatamente per l'ubicazione, le dimensioni, le quantità degli effluenti, secondo i seguenti parametri singolarmente intesi e ridotti del trenta per cento qualora l'impianto sia localizzato all'interno di un'area dichiarata ad elevato rischio di crisi ambientale ai sensi dell'art. 7 della legge 8 luglio 1986, n. 349:

a) materie in ingresso pari o superiori a 200.000 t/anno;

b) consumi idrici pari o superiori a 2 mc/secondo;

c) potenza termica impegnata pari o superiore a 300 MW termici;

d) superfici impegnate, compresi depositi, movimentazioni e altri spazi operativi, pari o superiori a 50.000 mq.;

e) numero degli addetti pari o superiore a 300.

2. Per progetti degli impianti di cui al comma 1 si intendono, conformemente all'art. 2 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377, i progetti di massima corredati dalle indicazioni esecutive relative ai processi industriali e che devono essere inoltrati prima delle autorizzazioni previste dalle vigenti disposizioni.

3. Per i progetti delle acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio si intendono i progetti di massima corredati dalle indicazioni esecutive relative al processo industriale e che devono essere inoltrati prima delle autorizzazioni previste dalle vigenti disposizioni.

4. Con riferimento agli aeroporti, la procedura di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, si applica al sistema aeroporto nel suo complesso, nonché ai progetti di massima delle opere qualora comportino la modifica sostanziale del sistema stesso e delle sue pertinenze in relazione ai profili ambientali:

a) nel caso di nuovi aeroporti o di aeroporti già esistenti per i quali si prevede la realizzazione di piste di lunghezza superiore ai 2.100 metri od il prolungamento di quelle esistenti oltre i 2.100 metri;

b) nel caso di aeroporti già esistenti con piste di lunghezza superiore a 2.100 metri, qualora si prevedano sostanziali modifiche al piano regolatore aeroportuale connesse all'incremento del traffico aereo e che comportino essenziali variazioni spaziali ed implicazioni territoriali dell'infrastruttura stessa.

5. La comunicazione dello studio di impatto ambientale per le opere di cui all'art. 1, comma 1, lettera h), del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377, sarà resa dall'amministrazione competente, sentito il Ministero della marina mercantile.

#### Art. 9.

##### Entrata in vigore

1. Il presente decreto entra in vigore il giorno successivo a quello della sua pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale*.

Roma, addì 27 dicembre 1988

Il Presidente del Consiglio dei Ministri  
DE MITA

Il Ministro dell'ambiente  
RUFFOLO

#### ALLEGATO I

##### COMPONENTI E FATTORI AMBIENTALI

1. Lo studio di impatto ambientale di un'opera con riferimento al quadro ambientale dovrà considerare le componenti naturalistiche ed antropiche interessate, le interazioni tra queste ed il sistema ambientale preso nella sua globalità.

2. Le componenti ed i fattori ambientali sono così intesi:

a) atmosfera: qualità dell'aria e caratterizzazione meteorologica;

b) ambiente idrico: acque sotterranee e acque superficiali (dolci, salmastre e marine), considerate come componenti, come ambienti e come risorse;

c) suolo e sottosuolo: intesi sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro dell'ambiente in esame, ed anche come risorse non rinnovabili;

d) vegetazione, flora, fauna: formazioni vegetali ed associazioni animali, emergenze più significative, specie protette ed equilibri naturali;

e) ecosistemi: complessi di componenti e fattori fisici, chimici e biologici tra loro interagenti ed interdipendenti, che formano un sistema unitario e identificabile (quali un lago, un bosco, un fiume, il mare) per propria struttura, funzionamento ed evoluzione temporale;

f) salute pubblica: come individui e comunità;

g) rumore e vibrazioni: considerati in rapporto all'ambiente sia naturale che umano;

h) radiazioni ionizzanti e non ionizzanti: considerati in rapporto all'ambiente sia naturale, che umano;

i) paesaggio: aspetti morfologici e culturali del paesaggio, identità delle comunità umane interessate e relativi beni culturali.

#### ALLEGATO II

##### CARATTERIZZAZIONE ED ANALISI DELLE COMPONENTI E DEI FATTORI AMBIENTALI

1. Le analisi, riferite a situazioni rappresentative ed articolate secondo i criteri descritti all'art. 5, sono svolte in relazione al livello di approfondimento necessario per la tipologia d'intervento proposta e le peculiarità dell'ambiente interessato, attenendosi, per ciascuno delle componenti o fattori ambientali, ai criteri indicati. Ogni qualvolta le analisi indicate non siano effettuate sarà brevemente precisata la relativa motivazione d'ordine tecnico.

2. I risultati delle indagini e delle stime verranno espressi, dal punto di vista metodologico, mediante parametri definiti (esplicitando per ognuno di essi il metodo di rilevamento e di elaborazione) che permettano di effettuare confronti significativi tra situazione attuale e situazione prevista.

3. Le analisi di cui al presente allegato, laddove lo stato dei rilevamenti non consenta una rigorosa conoscenza dei dati per la caratterizzazione dello stato di qualità dell'ambiente, saranno svolte attraverso apposite rilevazioni e/o l'uso di adeguati modelli previsionali.

4. In relazione ai commi 1 e 2 potranno anche essere utilizzate esperienze di rilevazione effettuate in fase di controllo di analoghe opere già in esercizio.

5. La caratterizzazione e l'analisi delle componenti ambientali e le relazioni tra essi esistenti riguardano:

A. *Atmosfera*. Obiettivo della caratterizzazione dello stato di qualità dell'aria e delle condizioni meteorologiche è quello di stabilire la compatibilità ambientale sia di eventuali emissioni, anche da sorgenti mobili, con le normative vigenti, sia di eventuali cause di perturbazione meteorologiche con le condizioni naturali. Le analisi concernenti l'atmosfera sono pertanto effettuate attraverso:

a) i dati meteorologici convenzionali (temperatura, precipitazioni, umidità relativa, vento), riferiti ad un periodo di tempo significativo, nonché eventuali dati supplementari (radiazione solare ecc.) e dati di concentrazione di specie gassose e di materiale particolato;

b) la caratterizzazione dello stato fisico dell'atmosfera attraverso la definizione di parametri quali: regime anemometrico, regime pluviometrico, condizioni di umidità dell'aria, termini di bilancio radiativo ed energetico;

c) la caratterizzazione preventiva dello stato di qualità dell'aria (gas e materiale particolato);

d) la localizzazione e caratterizzazione delle fonti inquinanti;

e) la previsione degli effetti del trasporto (orizzontale e verticale) degli effluenti mediante modelli di diffusione di atmosfera;

f) previsioni degli effetti delle trasformazioni fisico-chimiche degli effluenti attraverso modelli atmosferici dei processi di trasformazione (fotochimica od in fase liquida) e di rimozione (umida e secca), applicati alle particolari caratteristiche del territorio.

**B. Ambiente idrico.** Obiettivo della caratterizzazione delle condizioni idrografiche, idrologiche e idrauliche, dello stato di qualità e degli usi dei corpi idrici è:

1) stabilire la compatibilità ambientale, secondo la normativa vigente, delle variazioni quantitative (prelievi, scarichi) indotte dall'intervento proposto;

2) stabilire la compatibilità delle modificazioni fisiche, chimiche e biologiche, indotte dall'intervento proposto, con gli usi attuali, previsti e potenziali, e con il mantenimento degli equilibri interni a ciascun corpo idrico, anche in rapporto alle altre componenti ambientali.

Le analisi concernenti i corpi idrici riguardano:

a) la caratterizzazione qualitativa e quantitativa del corpo idrico nelle sue diverse matrici;

b) la determinazione dei movimenti delle masse d'acqua, con particolare riguardo ai regimi fluviali, ai fenomeni ondosi e alle correnti marine ed alle relative eventuali modificazioni indotte dall'intervento. Per i corsi d'acqua si dovrà valutare, in particolare, l'eventuale effetto di alterazione del regime idraulico e delle correnti. Per i laghi ed i mari si dovrà determinare l'effetto eventuale sul moto ondoso e sulle correnti;

c) la caratterizzazione del trasporto solido naturale, senza e con intervento, anche con riguardo alle erosioni delle coste ed agli interrimenti;

d) la stima del carico inquinante, senza e con intervento, e la localizzazione e caratterizzazione delle fonti;

e) la definizione degli usi attuali, ivi compresa la vocazione naturale, e previsti.

**C. Suolo e sottosuolo.** Obiettivi della caratterizzazione del suolo e del sottosuolo sono: l'individuazione delle modifiche che l'intervento proposto può causare sulla evoluzione dei processi geodinamici esogeni ed endogeni e la determinazione della compatibilità delle azioni progettuali con l'equilibrata utilizzazione delle risorse naturali. Le analisi concernenti il suolo e il sottosuolo sono pertanto effettuate, in ambiti territoriali e temporali adeguati al tipo di intervento e allo stato dell'ambiente interessato, attraverso:

a) la caratterizzazione geolitologica e geostrutturale del territorio, la definizione della sismicità dell'area e la descrizione di eventuali fenomeni vulcanici;

b) la caratterizzazione idrogeologica dell'area coinvolta direttamente e indirettamente dall'intervento, con particolare riguardo per l'infiltrazione e la circolazione delle acque nel sottosuolo, la presenza di falde idriche sotterranee e relative emergenze (sorgenti, pozzi), la vulnerabilità degli acquiferi;

c) la caratterizzazione geomorfologica e la individuazione dei processi di modellamento in atto, con particolare riguardo per i fenomeni di erosione e di sedimentazione e per i movimenti in massa (movimenti lenti nel regolite, frane), nonché per le tendenze evolutive dei versanti, delle piane alluvionali e dei litorali eventualmente interessati;

d) la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni e delle rocce, con riferimento ai problemi di instabilità dei pendii;

e) la caratterizzazione pedologica dell'area interessata dall'opera proposta, con particolare riferimento alla composizione fisico-chimica del suolo, alla sua componente biotica e alle relative interazioni, nonché alla genesi, alla evoluzione e alla capacità d'uso del suolo;

f) la caratterizzazione geochimica delle fasi solide (minerali, sostanze organiche) e fluide (acque, gas) presenti nel suolo e nel sottosuolo, con particolare riferimento agli elementi e composti naturali di interesse nutrizionale e tossicologico.

Ogni caratteristica ed ogni fenomeno geologico, geomorfologico e geopedologico saranno esaminati come effetto della dinamica endogena ed esogena, nonché delle attività umane e quindi come prodotto di una serie di trasformazioni, il cui risultato è rilevabile al momento dell'osservazione ed è prevedibile per il futuro, sia in assenza che in presenza dell'opera progettata.

In questo quadro saranno definiti, per l'area vasta in cui si inserisce l'opera, i rischi geologici (in senso lato) connessi ad eventi variamente prevedibili (sismici, vulcanici, franosi, meteorologici, marini, ecc.) e caratterizzati da differente entità in relazione all'attività umana nel sito prescelto.

**D. Vegetazione, flora e fauna.** La caratterizzazione dei livelli di qualità della vegetazione, della flora e della fauna presenti nel sistema ambientale interessato dall'opera è compiuta tramite lo studio della situazione presente e della prevedibile incidenza su di esse delle azioni progettuali, tenendo presenti i vincoli derivanti dalla normativa e il rispetto degli equilibri naturali. Le analisi sono effettuate attraverso:

a) vegetazione e flora:

carta della vegetazione presente, espressa come essenze dominanti sulla base di analisi aerofotografiche e di rilevazioni fisionomiche dirette;

flora significativa potenziale (specie e popolamenti rari e protetti, sulla base delle formazioni esistenti e del clima);

carta delle unità forestali e di uso pastorale; liste delle specie botaniche presenti nel sito direttamente interessato dall'opera;

quando il caso lo richieda, rilevamenti fitosociologici nell'area di intervento;

b) fauna:

lista della fauna vertebrata presumibile (mammiferi, uccelli, rettili, anfibi e pesci) sulla base degli areali, degli habitat presenti e della documentazione disponibile;

lista della fauna invertebrata significativa potenziale (specie endemiche o comunque di interesse biogeografico) sulla base della documentazione disponibile; quando il caso lo richieda, rilevamenti diretti della fauna vertebrata realmente presente, mappa delle aree di

importanza faunistica (siti di riproduzione, di rifugio, di svernamento, di alimentazione, di corridoi di transito ecc.) anche sulla base di rilevamenti specifici;

quando il caso lo richieda, rilevamenti diretti della fauna invertebrata presente nel sito direttamente interessato dall'opera e negli ecosistemi acquatici interessati.

**E. Ecosistemi.** Obiettivo della caratterizzazione del funzionamento e della qualità di un sistema ambientale è quello di stabilire gli effetti significativi determinati dall'opera sull'ecosistema e sulle formazioni ecosistemiche presenti al suo interno. Le analisi concernenti gli ecosistemi sono effettuate attraverso:

a) l'individuazione cartografica delle unità ecosistemiche naturali ed antropiche presenti nel territorio interessato dall'intervento;

b) la caratterizzazione almeno qualitativa della struttura degli ecosistemi stessi attraverso la descrizione delle rispettive componenti abiotiche e biotiche e della dinamica di essi, con particolare riferimento sia al ruolo svolto dalle catene alimentari sul trasporto, sull'eventuale accumulo e sul trasferimento ad altre specie ed all'uomo di contaminanti, che al grado di autodepurazione di essi;

c) quando il caso lo richieda, rilevamenti diretti sul grado di maturità degli ecosistemi e sullo stato di qualità di essi;

d) la stima della diversità biologica tra la situazione attuale e quella potenzialmente presente nell'habitat in esame, riferita alle specie più significative (fauna vertebrata, vegetali vascolari e macroinvertebrati acquatici). In particolare si confronterà la diversità ecologica presente con quella ottimale ipotizzabile in situazioni analoghe ad elevata naturalità; la criticità verrà anche esaminata analizzando le situazioni di alta vulnerabilità riscontrate in relazione ai fattori di pressione esistenti ed allo stato di degrado presente.

**F. Salute pubblica.** Obiettivo della caratterizzazione dello stato di qualità dell'ambiente, in relazione al benessere ed alla salute umana, è quello di verificare la compatibilità delle conseguenze dirette ed indirette delle opere e del loro esercizio con gli standards ed i criteri per la prevenzione dei rischi riguardanti la salute umana a breve, medio e lungo periodo. Le analisi sono effettuate attraverso:

a) la caratterizzazione dal punto di vista della salute umana, dell'ambiente e della comunità potenzialmente coinvolti, nella situazione in cui si presentano prima dell'attuazione del progetto;

b) l'identificazione e la classificazione delle cause significative di rischio per la salute umana da microrganismi patogeni, da sostanze chimiche e componenti di natura biologica, qualità di energia, rumore, vibrazioni, radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, connesse con l'opera;

c) la identificazione dei rischi eco-tossicologici (acuti e cronici, a carattere reversibile ed irreversibile) con riferimento alle normative nazionali, comunitarie ed internazionali e la definizione dei relativi fattori di emissione;

d) la descrizione del destino degli inquinanti considerati, individuati attraverso lo studio del sistema ambientale in esame, dei processi di dispersione, diffusione, trasformazione e degradazione e delle catene alimentari;

e) l'identificazione delle possibili condizioni di esposizione delle comunità e delle relative aree coinvolte;

f) l'integrazione dei dati ottenuti nell'ambito delle altre analisi settoriali e la verifica della compatibilità con la normativa vigente dei livelli di esposizione previsti;

g) la considerazione degli eventuali gruppi di individui particolarmente sensibili e dell'eventuale esposizione combinata a più fattori di rischio.

Per quanto riguarda le infrastrutture di trasporto, l'indagine dovrà riguardare la definizione dei livelli di qualità e di sicurezza delle condizioni di esercizio, anche con riferimento a quanto sopra specificato.

**G. Rumore e vibrazioni.** La caratterizzazione della qualità dell'ambiente in relazione al rumore dovrà consentire di definire le modifiche introdotte dall'opera, verificarne la compatibilità con gli standards esistenti, con gli equilibri naturali e la salute pubblica da salvaguardare e con lo svolgimento delle attività antropiche nelle aree interessate, attraverso:

a) la definizione della mappa di rumorosità secondo le modalità precisate nelle Norme Internazionali I.S.O. 1996/1 e 1996/2 e stima delle modificazioni a seguito della realizzazione dell'opera;

b) definizione delle fonti di vibrazioni con adeguati rilievi di accelerazione nelle tre direzioni fondamentali e con caratterizzazione in termini di analisi settoriale ed occorrenza temporale secondo le modalità previste nella Norma Internazionale I.S.O. 2631.

**H. Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti.** La caratterizzazione della qualità dell'ambiente in relazione alle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti dovrà consentire la definizione delle modifiche indotte dall'opera, verificarne la compatibilità con gli standard esistenti e con i criteri di prevenzione di danni all'ambiente ed all'uomo, attraverso:

a) la descrizione dei livelli medi e massimi di radiazioni presenti nell'ambiente interessato, per cause naturali ed antropiche, prima dell'intervento;

b) la definizione e caratterizzazione delle sorgenti e dei livelli di emissioni di radiazioni prevedibili in conseguenza dell'intervento;

c) la definizione dei quantitativi emessi nell'unità di tempo e del destino del materiale (tenendo conto delle caratteristiche proprie del sito) qualora l'attuazione dell'intervento possa causare il rilascio nell'ambiente di materiale radioattivo;

d) la definizione dei livelli prevedibili nell'ambiente, a seguito dell'intervento sulla base di quanto precede, per i diversi tipi di radiazione;

e) la definizione dei conseguenti scenari di esposizione e la loro interpretazione alla luce dei parametri di riferimento rilevanti (standards, criteri di accettabilità, ecc.).

**I. Paesaggio.** Obiettivo della caratterizzazione della qualità del paesaggio con riferimento sia agli aspetti storico-testimoniali e culturali, sia agli aspetti legati alla percezione visiva, è quello di definire le azioni di disturbo esercitate dal progetto e le modifiche introdotte in rapporto alla qualità dell'ambiente. La qualità del paesaggio è pertanto determinata attraverso le analisi concernenti:

a) il paesaggio nei suoi dinamismi spontanei, mediante l'esame delle componenti naturali così come definite alle precedenti componenti;

b) le attività agricole, residenziali, produttive, turistiche, ricreative, le presenze infrastrutturali, le loro stratificazioni e la relativa incidenza sul grado di naturalità presente nel sistema;

c) le condizioni naturali e umane che hanno generato l'evoluzione del paesaggio;

d) lo studio strettamente visivo o culturale-semiologico del rapporto tra soggetto ed ambiente, nonché delle radici della trasformazione e creazione del paesaggio da parte dell'uomo;

e) i piani paesistici e territoriali;

f) i vincoli ambientali, archeologici, architettonici, artistici e storici.

### ALLEGATO III

Con riferimento alle categorie di opere elencate nell'art. 1 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 377/88, le disposizioni di cui agli articoli 3, 4 e 5 del decreto vengono così specificate ed integrate:

1. *Impianti industriali* (raffinerie di petrolio greggio, impianti di gassificazione e di liquefazione di carbone o scisti bituminosi, acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio, impianti chimici integrati, impianti per l'estrazione dell'amianto, per il trattamento e la trasformazione).

Per quanto attiene il quadro di riferimento programmatico di cui all'art. 3, si terrà conto dei seguenti atti di programmazione e di pianificazione di settore e di area:

piani nazionali del settore interessato;

piano energetico nazionale;

eventuali altri strumenti di programmazione e di finanziamento;

piani regionali e provinciali dei trasporti;

piani regionali e di area vasta per la salvaguardia e il risanamento ambientale, piani territoriali e paesistici, piani per le attività industriali;

strumenti urbanistici locali.

Per quanto riguarda il quadro di riferimento progettuale, ad integrazione e specificazione di quanto disposto dall'art. 4, comma 4, si dovrà provvedere ai seguenti adempimenti:

elenco delle norme e disposizioni, anche di carattere locale, relative alla salvaguardia e tutela dell'ambiente e alla protezione della popolazione, che si applicano alle tecnologie impiegate nei processi produttivi o di costruzione, con riferimento in particolare alla tutela della qualità dell'aria, alla tutela delle acque, all'utilizzo e trasporto di sostanze infiammabili, esplosive o tossiche, alla sicurezza degli impianti industriali, allo smaltimento dei rifiuti;

criteri delle scelte in merito alla tecnologia dei sistemi di processo e di stoccaggio dei combustibili, materie prime, prodotti e sottoprodotti e rifiuti; dei sistemi di abbattimento delle emissioni inquinanti in atmosfera e di trattamento degli effluenti liquidi, dei sistemi di trattamento, condizionamento e smaltimento dei rifiuti solidi e dei sottoprodotti; delle ipotesi di recupero e riciclaggio dei sottoprodotti e/o dei rifiuti;

descrizione dei sistemi produttivi e di processo con indicazione delle quantità e caratteristiche chimico-fisiche dei materiali utilizzati e di quelli finali ed intermedi;

descrizione delle condizioni operative delle fasi di processo rilevanti dei sistemi destinati alla prevenzione delle varie forme di inquinamento (abbattimento delle emissioni di inquinanti dell'aria, depurazione degli effluenti liquidi, trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi, riduzione di rumori, vibrazioni, odori, ecc.), dei sistemi di monitoraggio e delle infrastrutture civili;

descrizione delle infrastrutture di trasporto e stoccaggio di materiali di processo o di servizio (terminali portuali, depositi, oleodotti, gasdotti ed elettrodotti, inclusi i terminali);

descrizione del consumo o utilizzo di materie prime e di risorse naturali;

ogni altra informazione specifica relativa a particolari tecnologie di processo o all'uso dei materiali impiegati nello specifico impianto;

analisi dei malfunzionamenti di sistemi e/o processi con possibili ripercussioni di carattere ambientale (rilasci incontrollati di sostanze inquinanti e nocive, tossiche e/o infiammabili in atmosfera o in corpi idrici, rilasci di radioattività, esplosioni e incendi, interruzioni di attività, ecc.), incidenti durante trasporti pericolosi, con individuazione in termini quantitativi (quantità, tassi di fuga, tempi di reazione, durata, ecc.) delle possibili cause di perturbazione nei confronti delle componenti ambientali definite; descrizione dei sistemi preventivi e protettivi (interventi attivi e/o passivi); eventuali predisposizioni per situazioni di emergenza;

tipo e durata prevedibile degli eventuali lavori di smantellamento, con indicazione di eventuali residui atmosferici liquidi o solidi prodotti; descrizione di eventuali possibilità di riutilizzo dell'impianto per altre finalità; trasformazione degli impianti esistenti; piani di bonifica e risanamento.

Secondo quanto previsto dall'art. 5, comma 3, si dovranno descrivere e stimare gli effetti sull'ambiente con riferimento ai punti precedenti, nonché alle scelte progettuali ed alle misure di attenuazione individuate.

2. *Centrali termiche e impianti per la produzione di energia elettrica* (impianti di combustione, centrali nucleari ed altri reattori nucleari).

Per quanto attiene il quadro di riferimento programmatico di cui all'art. 3, si terrà conto dei seguenti atti di programmazione e di pianificazione di settore e di area:

piano energetico nazionale;

eventuali altri strumenti di programmazione e di finanziamento;

piani dei trasporti;

piani regionali e di area vasta per la salvaguardia e il risanamento ambientale, piani territoriali e paesistici, piani per le attività industriali;

strumenti urbanistici locali.

Per quanto riguarda il quadro di riferimento progettuale, ad integrazione e specificazione di quanto disposto dall'art. 4, comma 4, si dovrà provvedere ai seguenti adempimenti:

elenco delle norme e disposizioni, anche di carattere locale, relative alla salvaguardia e tutela dell'ambiente e alla protezione della popolazione, che si applicano alle

tecnologie impiegate nei processi produttivi e di costruzione, con riferimento in particolare alla tutela della qualità dell'aria, alla tutela delle acque, alle radiazioni ionizzanti, all'utilizzo e al trasporto di sostanze infiammabili, esplosive o tossiche, alla sicurezza degli impianti, allo smaltimento dei rifiuti;

criteri delle scelte in merito alla tecnologia del ciclo termico, dei sistemi di contenimento ed abbattimento degli inquinanti nelle emissioni in atmosfera e negli effluenti liquidi, dei sistemi di trattamento, condizionamento e smaltimento dei rifiuti solidi e dei sottoprodotti e del loro recupero o riciclaggio, con riferimento alle norme e disposizioni di cui sopra ed eventuali norme tecniche di settore;

descrizione dei sistemi produttivi e di processo, con particolare riferimento al sistema di generazione di vapore e/o calore, al sistema di raffreddamento della centrale, ai sistemi destinati alla prevenzione delle varie forme di inquinamento (abbattimento delle emissioni di inquinanti dell'aria, depurazione degli effluenti liquidi, trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi, riduzione di rumori e vibrazioni ecc.) ed ai sistemi di monitoraggio;

descrizione delle infrastrutture elettriche e degli elettrodotti, delle infrastrutture civili e infrastrutture di trasporto e stoccaggio dei combustibili e di altri materiali di processo o di servizio (terminali portuali, carbonili, depositi, oleodotti, gasdotti o altri sistemi lineari di trasporto di materiali);

descrizione dell'utilizzo di materie prime e di risorse naturali, con riguardo particolare alla sottrazione di acque di superficie o di falda;

ogni altra informazione specifica relativa a particolari tecnologie di processo o all'uso di materiali impiegati nello specifico impianto, in relazione alle condizioni ambientali esistenti nel sito proposto per l'insediamento;

analisi dei malfunzionamenti di sistemi e/o processi con possibili ripercussioni di carattere ambientale (rilasci incontrollati di sostanze inquinanti e nocive sul suolo, infiammabili in atmosfera o in corpi idrici, esplosioni e incendi, interruzioni di attività, ecc.), nonché delle possibilità di incidenti durante trasporti pericolosi, con individuazione in termini quantitativi (quantità, tassi di fuga, tempi di reazione, durata, ecc.) delle possibili cause stimate di perturbazione nei confronti delle componenti ambientali definite; descrizione dei sistemi preventivi e protettivi (interventi attivi e/o passivi); eventuali predisposizioni per situazioni di emergenza;

tipo e durata prevedibile degli eventuali lavori di smantellamento, con l'indicazione dei residui atmosferici, liquidi o solidi prodotti; descrizione di eventuali possibilità di riutilizzo dell'impianto per altre finalità; trasformazione degli impianti esistenti; piani di bonifica e risanamento; recupero a fini naturalistici.

Secondo quanto previsto dall'art. 5, comma 3, si dovranno descrivere e stimare gli effetti sull'ambiente con riferimento ai punti precedenti, nonché alle scelte progettuali ed alle misure di attenuazione individuate.

3. *Infrastrutture lineari di trasporto* (autostrade e vie di rapida comunicazione, tronchi ferroviari per il traffico a grande distanza).

Per quanto attiene il quadro di riferimento programmatico di cui all'art. 3, si terrà conto dei seguenti atti di programmazione e di pianificazione di settore di area:

- piano decennale ANAS, relativi stralci attuativi, piani straordinari ANAS;
- piano generale dei trasporti;
- piani regionali e provinciali dei trasporti;
- altri strumenti di programmazione e di finanziamento;
- piani regionali e di area vasta per la salvaguardia ed il risanamento ambientale, piani territoriali e paesistici; strumenti urbanistici locali.

Nell'indicare i tempi previsti per l'attuazione dell'intervento, l'attenzione dovrà essere posta anche sulla eventuale apertura all'esercizio della infrastruttura per tronchi, evidenziandone le conseguenze sulla rete.

Per quanto riguarda il quadro di riferimento progettuale, ad integrazione e specificazione di quanto disposto dall'art. 4, comma 4, si dovrà procedere ai seguenti adempimenti:

nella descrizione del progetto saranno giustificate le scelte di tracciato raffrontando la soluzione prescelta con quelle delle alternative, evidenziando le motivazioni della scelta suddetta in base a parametri di carattere tecnico, economico ed ambientale, con riferimento in particolare a:

- tracciato e profili;
- soluzioni tipologiche (viadotto, galleria, scavo, rilevato, raso) e loro relative interrelazioni;

saranno indicate la natura, la qualità e la provenienza dei materiali necessari per la costruzione dell'opera, nonché fornite indicazioni circa le cave disponibili in base alla normativa vigente ed utilizzabili per quanto riguarda la loro caratterizzazione geologica e potenzialità; nel caso di cave esclusivamente aperte ed utilizzate in funzione dei lavori in questione, saranno precisate le modalità tecniche a cui dovrà attenersi l'appaltatore per il risanamento delle cave stesse dopo la loro utilizzazione;

andranno altresì individuate qualità e, ove possibile, quantità dei materiali da portare alle discariche, localizzando di massima le stesse e prevedendo le modalità tecniche a cui dovrà attenersi l'appaltatore per la sistemazione delle stesse.

Per quanto riguarda la fase di costruzione, saranno forniti gli elementi atti ad individuare i principali impatti prevedibili, indicando altresì le prescrizioni da inserire nei progetti esecutivi e nei capitolati di oneri per il contenimento di tali impatti e per il risanamento ambientale.

Con riferimento all'art. 5, si dovranno descrivere e stimare gli effetti connessi:

• all'eventuale variazione del regime delle acque superficiali e, qualora intercettate, delle acque profonde;

• alle concentrazioni degli inquinanti atmosferici dovute alle sorgenti in movimento, in relazione a particolari condizioni meteo-climatiche ed orografiche ed in riferimento alla diversa sensibilità dei ricettori;

ai livelli di inquinamento da rumore ed eventuali vibrazioni, in relazione alla protezione delle zone abitate e di aree di riconosciuta valenza o criticità ambientale;

alle modifiche delle caratteristiche geomorfologiche del suolo e del sottosuolo indotte in conseguenza della realizzazione dell'infrastruttura;

alle conseguenze di sottrazione e limitazione d'uso di territorio e/o di aree di continuità territoriale di riconosciuta valenza o criticità ambientale;

agli effetti paesaggistici connessi alla realizzazione dell'opera, intesi anche in termini storico-testimoniali e culturali;

alle misure di contenimento dei possibili impatti connessi allo sversamento accidentale di sostanze inquinanti, in relazione alla prevedibile gravità delle conseguenze di rischio ambientale, con particolare attenzione ove il tracciato interessi acque destinate all'uso potabile o comunque il cui inquinamento possa incidere sulla salute umana.

#### 4. Aeroporti.

Per quanto attiene il quadro di riferimento programmatico di cui all'art. 3, si terrà conto dei seguenti atti di programmazione e pianificazione di settore e di area:

piano generale dei trasporti;  
piano nazionale degli aeroporti;  
piani regionali e provinciali dei trasporti;  
altri strumenti di programmazione e di finanziamento;

piani regionali e di area vasta per la salvaguardia e il risanamento ambientale, piani territoriali e paesistici; strumenti urbanistici locali.

Per quanto riguarda il quadro di riferimento progettuale, ad integrazione e specificazione di quanto disposto dall'art. 4, comma 4, si dovrà procedere ai seguenti adempimenti:

indicare la natura, la quantità e la provenienza dei materiali necessari per la costruzione dell'opera, nonché fornire indicazioni circa le cave disponibili in base alla normativa vigente ed utilizzabili per quanto riguarda la loro caratterizzazione geologica e potenzialità; nel caso di cave esclusivamente aperte ed utilizzate in funzione dei lavori in questione, saranno precisate le modalità tecniche a cui dovrà attenersi l'appaltatore per il risanamento delle cave stesse dopo la loro utilizzazione. Andranno altresì individuate qualità e, ove possibile, quantità dei materiali da portare alle discariche, localizzando di massima le stesse e prevedendo le modalità tecniche a cui dovrà attenersi l'appaltatore per la sistemazione delle stesse;

descrivere i fenomeni legati all'inquinamento da rumore (predisposizione di apposita cartografia tematica in conformità alla circolare della Direzione generale dell'aviazione civile 45/3030, n. 327);

descrivere il sistema di smaltimento delle acque meteoriche;

descrivere il sistema di smaltimento dei rifiuti (con indicazioni di qualità e volumi);

descrivere le infrastrutture di trasporto e stoccaggio dei combustibili e dei carburanti, nonché di merci che possono avere rilevanza dal punto di vista ambientale;

descrivere le modalità di rispetto dei vincoli sul territorio derivanti dall'applicazione della legge 4 febbraio 1963, n. 58;

confrontare le omogeneità con quanto previsto dalle norme I.C.A.O. - Annesso 14.

Per quanto riguarda il quadro di riferimento ambientale di cui all'art. 5, comma 3, considerato che in fase d'esercizio l'eventuale degrado della qualità ambientale indotto dall'infrastruttura aeroportuale è riconducibile all'inquinamento prodotto dalle sorgenti in movimento dall'ingombro fisico dell'opera sul territorio, nonché dalla gestione dei servizi connessi all'esercizio dell'attività operativa, lo studio d'impatto dovrà approfondire l'analisi conoscitiva o previsiva in ordine a quelle componenti che risultano più direttamente connesse

#### 5. Porti e vie navigabili.

Per quanto attiene il quadro di riferimento programmatico di cui all'art. 3, si terrà conto dei seguenti atti di programmazione e pianificazione di settore e di area:

piano generale dei trasporti, relativamente ai sistemi portuali;

codice della navigazione e regolamentazione delle attività assentite nelle acque territoriali e in quelle adiacenti soggette a giurisdizione nazionale;

piani di programmazione settoriale: nautica da diporto; pesca; portualità commerciale;

piano delle coste;

piani regionali e provinciali dei trasporti;

programmi regionali settoriali di interventi nell'ambito della pianificazione nazionale: nautica da diporto; pesca; portualità commerciale;

altri strumenti di programmazione e di finanziamento;

piani regionali e di area vasta per la salvaguardia ed il risanamento ambientale, piani territoriali e paesistici, tutela dell'ambiente costiero e marino;

strumenti urbanistici locali e piano regolatore portuale.

Per quanto riguarda il quadro di riferimento progettuale, ad integrazione e specificazione di quanto disposto dall'art. 4, comma 4, si dovrà procedere ai seguenti adempimenti:

descrivere la previsione dei flussi di traffico via mare e via terra; per questi ultimi andranno evidenziati i rapporti tra quantità e qualità delle merci e modalità di trasporto, al fine di ottimizzare la rete infrastrutturale e collegamento con il territorio ed attenuare le eventuali relative interazioni ambientali;

nel caso di ampliamenti, precisare i riferimenti all'eventuale sistema portuale locale;

illustrare, anche attraverso i modelli di previsione utilizzati, le interazioni tra le opere portuali e l'assetto attuale e futuro della linea di costa;

descrivere la configurazione degli specchi acquei protetti dal bacino portuale in relazione all'interscambio con l'ambiente marino esterno, con riferimento alle esigenze di protezione del bacino stesso dal moto ondoso;

indicare la natura, la quantità e la provenienza dei materiali necessari per la costruzione dell'opera, nonché fornire indicazioni circa le cave disponibili in base alla normativa vigente ed utilizzabili per quanto riguarda la loro caratterizzazione geologica e potenzialità; nel caso di cave esclusivamente aperte ed utilizzate in funzione dei lavori in questione, saranno precisate le modalità tecniche a cui dovrà attenersi l'appaltatore per il risanamento delle cave stesse dopo la loro utilizzazione;

descrivere le misure atte a minimizzare il rischio di inquinamenti del corpo idrico (dilavamento di piazzali e banchine, scarichi ed emissioni provenienti dai natanti, acque di zavorra, ecc.), anche in relazione alla qualità dell'ambiente marino circostante;

individuare la natura e quantità dei materiali provenienti dai dragaggi, indicando di massima il punto di discarica terrestre o marittima e fornendo la giustificazione ambientale della scelta effettuata.

Secondo quanto previsto dall'art. 5, comma 3, si dovranno descrivere e stimare gli effetti sull'ambiente con riferimento ai punti precedenti, nonché alle scelte progettuali ed alle misure di attenuazione individuate.

**6. Impianti tecnologici** (impianti destinati esclusivamente allo stoccaggio definitivo o alla eliminazione dei residui radioattivi, impianti di eliminazione dei rifiuti tossici o nocivi mediante incenerimento, trattamento chimico o stoccaggio).

Per quanto attiene il quadro di riferimento programmatico di cui all'art. 3, si terrà conto dei seguenti atti di programmazione e di pianificazione:

- piani nazionali e regionali di settore;
- eventuali altri strumenti di programmazione e di finanziamento;
- piani regionali e provinciali dei trasporti;
- piani regionali e di area vasta per la salvaguardia e il risanamento ambientale, piani territoriali e paesistici, piani per le attività industriali;
- strumenti urbanistici locali.

Per quanto riguarda il quadro di riferimento progettuale, ad integrazione e specificazione di quanto disposto dall'art. 4, comma 4, si dovrà procedere ai seguenti adempimenti:

elenco delle norme e disposizioni anche di carattere locale, relative alla salvaguardia e tutela dell'ambiente ed alla protezione della popolazione, che si applicano alle tecnologie impiegate nei processi produttivi di costruzione, di trasporto, di trattamento e di stoccaggio dei materiali;

indicazione di massima delle quantità e caratteristiche chimico-fisiche dei materiali per i quali è predisposto l'impianto;

descrizione delle infrastrutture e modalità previste per il trasporto ed il conferimento dei rifiuti;

criteri nelle scelte in merito alla tecnologia del ciclo di trattamento e condizionamento, dei sistemi di contenimento ed abbattimento degli inquinanti nelle emissioni in atmosfera e negli effluenti liquidi, degli eventuali sottoprodotti e della loro utilizzazione con riferimento alle norme vigenti;

indicazione di massima dei volumi e quantità prodotte nell'unità di tempo, in relazione alle emissioni in atmosfera e negli effluenti liquidi, alle sostanze e ai flussi energetici eventualmente prodotti e rilasciati e al destino delle scorie finali;

infrastrutture di movimentazione, di trattamento e stoccaggio dei rifiuti e infrastrutture di servizio;

ogni altra informazione specifica relativa a particolari tecnologie o all'uso di materiali impiegati;

descrizione del consumo o utilizzo di materie prime e di risorse naturali;

analisi dei malfunzionamenti di sistemi e/o processi con possibili ripercussioni di carattere ambientale (rilasci incontrollati di sostanze inquinanti, nocive, tossiche sul suolo, in atmosfera o in corpi idrici, esplosioni e incendi, etc.), con individuazione in termini quantitativi (quantità, tassi di fuga, durate, etc.) delle possibili cause di perturbazione nei confronti delle componenti ambientali definite; descrizione dei sistemi preventivi e di interventi attivi e/o passivi;

sistemi di monitoraggio convenzionale e, ove necessario, radiometrico.

Secondo quanto previsto dall'art. 5, comma 3, si dovranno descrivere e stimare gli effetti sull'ambiente con riferimento ai punti precedenti, nonché alle scelte progettuali ed alle misure di attenuazione individuate.

**7. Impianti di regolazione delle acque** (dighe ed altri impianti destinati a trattenere, regolare o accumulare acqua in modo durevole).

Per quanto attiene il quadro di riferimento programmatico di cui all'art. 3, si terrà conto dei seguenti atti di programmazione e pianificazione:

- piano generale degli acquedotti;
- piano energetico nazionale;
- piano agricolo nazionale;
- piani di bacino;
- programmi regionali settoriali;
- altri strumenti di programmazione e di finanziamento;
- piani regionali e di area vasta per la salvaguardia e il risanamento ambientale, piani territoriali e paesistici;
- strumenti urbanistici locali.

Per quanto riguarda il quadro di riferimento progettuale, ad integrazione e specificazione di quanto disposto dall'art. 4, comma 4, si dovrà procedere ai seguenti adempimenti:

sarà indicata la natura, la quantità e la provenienza dei materiali necessari per la costruzione dell'opera;

saranno fornite le indicazioni circa le cave disponibili in base alla normativa vigente ed utilizzabili per quanto riguarda la loro caratterizzazione geologica e potenzialità; nel caso di cave esclusivamente aperte ed utilizzate in funzione dei lavori in questione, saranno precisate le modalità tecniche a cui dovrà attenersi l'appaltatore per il risanamento delle cave stesse dopo la loro utilizzazione.

Con riferimento al comma 3 dell'art. 5, lo studio dovrà descrivere e prevedere gli effetti possibili sull'ambiente dell'invaso e delle opere connesse, sia durante la costruzione che per il successivo esercizio, con riguardo a:

gli effetti sul clima e sul micro-clima conseguenti ad invasi non inferiori a 20 milioni di mc di acqua e/o 100 ettari di massimo specchio liquido, salvo significativa influenza di temperatura ed umidità in casi di documentata rilevanza ambientale;

le modificazioni indotte al sistema idrico di superficie e sotterraneo, sia in fase di costruzione che di esercizio, e relativi effetti, compresi quelli conseguenti sulla qualità delle acque interessate;

gli effetti sulla morfologia dei luoghi, con particolare riferimento alle oscillazioni del pelo libero dell'invaso;

le eventuali modifiche di carattere pedologico per l'area interessata;

gli effetti su vegetazione, flora, fauna e habitat;

gli effetti paesaggistici connessi alla realizzazione dell'opera, intesi anche in termini storico-culturali;

gli effetti prodotti dalla sottrazione fisica di aree inondate e/o inondabili;

gli effetti della sottrazione del trasporto solido, sia lungo l'asta fluviale sia sui litorali;

la qualità delle acque e dello stato dei luoghi circostanti l'invaso, al fine di verificare i potenziali usi aggiuntivi degli stessi (turismo, pesca, etc.) oltre a quello previsto;

gli effetti di antropizzazione e loro conseguenze ambientali dovute alla realizzazione della viabilità di accesso, se di uso pubblico.

#### ALLEGATO IV

### PROCEDURE PER I PROGETTI DI CENTRALI TERMOELETTRICHE E TURBOGAS

#### Art. 1.

1. La localizzazione e l'autorizzazione alla costruzione ed all'esercizio di nuove centrali termoelettriche e turbogas, da installare sulla terra ferma o nelle acque territoriali, nonché l'autorizzazione delle modifiche delle centrali termoelettriche esistenti, da effettuarsi da parte dell'ENEL, sono regolate dalle seguenti norme emanate in applicazione del secondo periodo del comma 2 dell'articolo 17 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203.

#### Art. 2.

1. Per l'applicazione delle disposizioni del presente allegato valgono le definizioni che seguono:

a) sezione di centrale termoelettrica: sistema coordinato per convertire, attraverso la produzione di vapore, l'energia termica dei combustibili in energia elettrica; esso consiste essenzialmente in generatore di vapore, turbina, ciclo rigenerativo, alternatore, trasformatore, circuito di raffreddamento, sistema logistico per l'approvvigionamento dei combustibili ed altri componenti;

b) centrale termoelettrica: complesso di una o più sezioni termoelettriche;

c) ampliamento di centrale termoelettrica: una o più sezioni termoelettriche da realizzare in area contigua alla centrale esistente;

d) sezione di centrale turbogas: sistema coordinato per convertire, attraverso un ciclo ad aria, l'energia termica dei combustibili in energia elettrica; esso consiste essenzialmente in turbina a gas, alternatore e trasformatore;

e) centrale turbogas: complesso di una o più sezioni turbogas;

f) modifica del progetto di massima autorizzato con il decreto di cui all'art. 11 o della centrale termoelettrica esistente: variazione consistente in incrementi della potenza elettrica delle sezioni esistenti, anche con turbogas in combinazione o meno con la centrale termoelettrica, e/o variazione che comporti immissione di nuove sostanze estranee nell'ambiente e/o variazione che implichi occupazione di aree esterne a quelle di pertinenza della centrale.

#### Art. 3.

1. I programmi pluriennali dell'ENEL sono approvati, su proposta del Ministro dell'Industria, del commercio e dell'artigianato, dal CIPE.

2. In detti programmi saranno in particolare indicati:

a) le aree geografiche nelle quali sia opportuno realizzare le nuove centrali termoelettriche e/o l'ampliamento di quelle esistenti, nonché le altre centrali di produzione di energia elettrica, tenendo conto del fabbisogno energetico di tali aree, anche in relazione alle esigenze di un equilibrato sviluppo economico del Paese, nonché della ubicazione delle fonti energetiche nazionali;

b) i combustibili per le centrali termoelettriche, tenendo conto della necessaria diversificazione delle fonti di energia.

#### Art. 4.

1. L'ENEL, sulla base dei programmi pluriennali approvati dal CIPE, tenendo conto degli indispensabili requisiti tecnici connessi con le centrali termoelettriche da realizzare, effettua gli studi relativi a ciascun sito che intende proporre per la predisposizione della documentazione di cui al comma 4.

2. L'ENEL informa dell'avvio dei predetti studi il Ministero dell'ambiente, il Ministero della difesa, la regione, la provincia e il comune territorialmente interessati, nonché, per quanto riguarda le centrali in acque territoriali, il Ministero della marina mercantile, per consentire ai medesimi di formulare eventuali preliminari osservazioni.

3. Ove sia necessario introdursi nella proprietà privata per reperire elementi occorrenti per la redazione dello studio di impatto ambientale, si applicano gli articoli 7 e 8 della legge 25 giugno 1865, n. 2359. Il prescritto avviso ai proprietari sarà dato direttamente dall'ENEL.

4. L'ENEL, al fine del rilascio dei provvedimenti di cui all'art. 11, propone al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato per ciascuna centrale termoelettrica il sito ritenuto idoneo, presentando il progetto di massima della centrale stessa o del relativo ampliamento, il progetto di massima delle opere connesse e delle infrastrutture portuali, fluviali, stradali e ferroviarie ritenute necessarie, lo studio di impatto ambientale secondo lo schema predisposto dal Ministro dell'ambiente ai sensi dell'art. 5 ed il rapporto di sintesi del medesimo studio.

5. Identica documentazione è inviata dall'ENEL al Ministero dell'ambiente, alla regione, alla provincia ed al comune territorialmente interessati.

6. L'ENEL stesso dà notizia della presentazione del progetto della centrale sul più diffuso quotidiano locale e su uno nazionale, mentre regione, provincia e comune mettono a disposizione del pubblico la documentazione presentata dall'ENEL.

#### Art. 5.

1. Il Ministro dell'ambiente stabilisce lo schema in base al quale debbono essere predisposti gli studi di impatto ambientale di cui all'art. 4, nonché i criteri per formulare il giudizio finale di compatibilità ambientale di cui all'art. 8.

#### Art. 6.

1. Il Ministro dell'ambiente, sulla base della documentazione ricevuta dall'ENEL e di cui all'art. 4, promuove ed attua la valutazione di impatto ambientale della centrale termoelettrica, o del relativo ampliamento, effettuando l'istruttoria tecnica e svolgendo l'inchiesta pubblica.

2. Il Ministero dell'ambiente provvede all'istruttoria tecnica anche richiedendo i pareri del Ministero per i beni culturali e ambientali, del Ministero della sanità, del Ministero dei lavori pubblici, della regione, della provincia e del comune territorialmente interessati ed eventualmente del Ministero della marina mercantile e del Ministero dei trasporti, che debbono essere forniti entro il termine di 90 giorni.

3. Per l'espletamento dei compiti e delle funzioni istituzionali connesse con l'istruttoria tecnica, il Ministero dell'ambiente si avvale della commissione per le valutazioni d'impatto ambientale, integrata da esperti scelti nell'ambito dell'Istituto superiore di sanità, dell'ISPESL, dell'ENEA, dell'ENEA-DISP, del CNR, dei vigili del fuoco e da tre esperti designati dalle regioni interessate.

4. Nel caso di pareri sfavorevoli, discordanti, o mancanti entro il predetto termine, il Presidente del Consiglio dei Ministri, su richiesta del Ministro dell'ambiente, convoca una Conferenza dei servizi costituita dai rappresentanti degli enti ai quali è stato chiesto il parere di cui al comma 2, del Ministero dell'ambiente e del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato

e, all'esito della medesima Conferenza, adotta le proprie decisioni circa i pareri sfavorevoli, quelli discordanti, nonché sugli atti mancanti, comunque entro il termine di cui all'art. 8, comma 1.

5. Alle riunioni della commissione per le valutazioni di impatto ambientale ed alla Conferenza dei servizi partecipa, a titolo consultivo, l'ENEL.

#### Art. 7.

1. L'inchiesta pubblica ha luogo, contemporaneamente all'istruttoria tecnica, nel comune in cui è proposta l'ubicazione della centrale, oppure, se sono interessati più comuni, nel capoluogo di provincia, sotto la presidenza di un magistrato della giurisdizione amministrativa con qualifica di presidente di sezione del Consiglio di Stato. Lo stesso è nominato con decreto del Ministro dell'ambiente, di concerto con il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentito il presidente della regione interessata, subito dopo la presentazione da parte dell'ENEL degli atti di cui ai commi 4 e 5 dell'art. 4.

2. Il presidente dell'inchiesta pubblica è assistito da 3 esperti designati dal Ministero dell'ambiente e da 3 esperti, di comprovata competenza nel settore, designati rispettivamente dalla regione, dalla provincia e dal comune interessati, alla cui nomina si provvede con il medesimo provvedimento di cui al comma 1.

3. Chiunque ne abbia interesse può fornire, nel termine di 45 giorni, a pena di decadenza, dalla pubblicazione di cui all'art. 4, comma 6, contributi di valutazione sul piano scientifico e tecnico, attraverso la presentazione di memorie scritte strettamente inerenti l'installazione della centrale sul sito proposto e le sue conseguenze sul piano ambientale.

4. Il presidente dell'inchiesta pubblica decide, in base agli argomenti trattati, sull'ammissibilità delle memorie e può svolgere audizioni con gli enti ed i privati che hanno presentato le memorie ammesse.

5. L'ENEL può presentare osservazioni alle memorie presentate.

6. Entro tre mesi dall'avvenuta pubblicazione sui quotidiani da parte dell'ENEL, il presidente chiude l'inchiesta pubblica e trasmette al Ministero dell'ambiente le memorie presentate e le osservazioni dell'ENEL, con una relazione di sintesi delle attività svolte.

#### Art. 8.

1. Il Ministro dell'ambiente definisce l'istruttoria tecnica di cui all'art. 6 entro 120 giorni dalla presentazione del progetto di cui al comma 4 dell'art. 4.

2. Lo stesso Ministro dell'ambiente, entro i 15 giorni successivi al termine dell'istruttoria tecnica di cui al comma 1, invia richiesta di parere alla regione interessata, la quale dovrà renderlo entro i successivi 30 giorni, sentito il comune territorialmente competente, anche relativamente agli aspetti di natura urbanistica.

3. Il Ministro dell'ambiente entro 60 giorni dal termine dell'istruttoria tecnica, sulla base della stessa, delle risultanze dell'inchiesta pubblica e del parere della regione, formula il giudizio finale di compatibilità ambientale, precisando le eventuali prescrizioni per l'esecuzione del progetto della centrale e delle relative infrastrutture.

4. Il giudizio finale di compatibilità ambientale viene comunicato ai Ministeri dell'industria, del commercio e dell'artigianato, per i beni culturali e ambientali, della sanità, dei lavori pubblici, della marina mercantile, dei trasporti, alla regione, alla provincia, al comune ed all'ENEL.

5. Decorso il predetto termine di 60 giorni, di cui al comma 3, senza che il Ministro dell'ambiente si sia pronunciato, il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato può proseguire la procedura autorizzativa della centrale proposta, ai sensi del comma 3 dell'art. 11.

#### Art. 9.

1. L'ENEL, contemporaneamente alla procedura di cui agli articoli 6, 7 e 8, svolge l'istruttoria sugli interventi socio-economici connessi con la costruzione e l'esercizio della centrale proposta e definisce i relativi accordi con la regione, la provincia ed il comune per gli oneri da assumere a carico dell'ENEL e delle altre parti contraenti.

2. L'ENEL con tali accordi, oltre a disciplinare la corresponsione del contributo di cui all'art. 15 della legge 2 agosto 1975, n. 393, può assumere oneri per interventi di natura infrastrutturale e di riequilibrio economico e ambientale connessi con la costruzione e l'esercizio della centrale proposta.

3. L'ENEL entro 180 giorni dalla presentazione della documentazione di cui all'art. 4, trasmette al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, le risultanze dell'istruttoria e gli accordi che siano stati definiti sugli interventi socio-economici con la regione, la provincia ed il comune.

4. La mancanza della definizione degli accordi socio-economici non impedisce la prosecuzione della procedura autorizzativa.

5. L'efficacia degli accordi definiti rimane condizionata al rilascio dell'autorizzazione di cui all'art. 11.

#### Art. 10.

1. Il Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, ricevuta la documentazione presentata dall'ENEL di cui all'art. 4, chiede i pareri del Ministero della difesa e del Ministero dell'interno, che debbono essere forniti entro il termine di 90 giorni.

2. In mancanza di risposta entro 90 giorni, i pareri si intendono favorevoli.

#### Art. 11.

1. Il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, entro i quindici giorni successivi all'ultimo degli adempimenti di cui agli articoli 6, 7, 8, 9 e 10, localizza ed autorizza la costruzione e l'esercizio della centrale termoelettrica, o del suo ampliamento, secondo il progetto di massima proposto ed il giudizio finale di compatibilità ambientale, indicando le relative prescrizioni, anche per gli impegni di natura socio-economica a carico dell'ENEL non ancora definiti con la regione, la provincia ed il comune.

2. Tra i predetti impegni di natura socio-economica possono essere indicati nello stesso decreto quelli per i quali l'ENEL deve anticipare il finanziamento per conto dello Stato e/o degli enti pubblici competenti.

3. Se il parere della regione di cui al comma 2 dell'art. 8 è stato negativo o comunque non è stato espresso entro i 30 giorni successivi alla richiesta, o nei casi previsti dal comma 5 dell'art. 8, può provvedersi alla localizzazione, sotto il profilo urbanistico ed ambientale, della centrale proposta, previa delibera del Consiglio dei Ministri, con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato.

4. A seguito del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri di cui al comma 3, il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, autorizza la costruzione e l'esercizio della centrale proposta, indicando le necessarie prescrizioni anche per gli aspetti ambientali ove si sia proceduto in assenza del giudizio finale di compatibilità ambientale e delle relative prescrizioni di cui al comma 3 dell'art. 8.

#### Art. 12.

1. Il provvedimento di localizzazione, di cui all'art. 11, emesso dal Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato o dal Presidente del Consiglio dei Ministri, assume valore di dichiarazione di pubblica utilità, urgenza ed indifferibilità delle opere e, anche in presenza di vincoli di qualsiasi genere riguardanti il territorio interessato dall'insediamento, ha effetto di variante del piano regolatore comunale e del piano regolatore portuale e dell'area sviluppo industriale e sostituisce la concessione edilizia comunale, nonché i provvedimenti previsti dalla seguente normativa:

art. 9, legge 10 maggio 1976, n. 319 (scarico acque);  
art. 14, legge 24 dicembre 1979, n. 650 (scarico acque);

art. 48, decreto del Presidente della Repubblica 19 marzo 1956, n. 303 (igiene del lavoro);

art. 17, legge 24 dicembre 1976, n. 898 (servitù militare);

art. 714, regio decreto 30 marzo 1942, n. 327 (segnalazione ostacoli al volo);

art. 7, legge 29 giugno 1939, n. 1497, e art. 82, comma nono, decreto del Presidente della Repubblica 24 luglio 1977, n. 616, come introdotto dalla legge 8 agosto 1985, n. 431 (costruzione in zone di particolare interesse paesistico);

art. 6, legge 8 luglio 1986, n. 349 (parere di conformità ambientale);

art. 55, regio decreto 30 marzo 1942, n. 327 (costruzione in fascia di rispetto);

art. 221, regio decreto 27 luglio 1934, n. 1265 (licenza di agibilità comunale);

art. 216, regio decreto 27 luglio 1934, n. 1265 (attivazione impianto industriale).

#### Art. 13.

1. Le modifiche del progetto di massima autorizzato con il decreto di cui all'art. 11 debbono essere autorizzate, ai fini della costruzione e dell'esercizio, dal Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato su istanza dell'ENEL, in adempimento dei commi successivi.

2. Una apposita commissione presso il Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, composta da rappresentanti dei Ministeri dell'ambiente, per i beni culturali e ambientali, della sanità e dei lavori pubblici,

valuta le modifiche richieste ed eventualmente indica i Ministeri, tra quelli interessati dalla procedura e di cui agli articoli 6, comma 2, e 10, che debbono rilasciare il parere ai fini dell'autorizzazione del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato.

3. Nel caso di pareri sfavorevoli, discordanti o mancanti, entro il termine di 90 giorni dall'istanza dell'ENEL, si applica il comma 4 dell'art. 6.

4. Le modifiche del progetto di massima autorizzato che implicano occupazioni di aree esterne a quelle di pertinenza della centrale vengono autorizzate, attuando la procedura di cui ai commi 2 e 3, con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, previo parere della regione interessata, la quale dovrà renderlo sentito il comune territorialmente competente.

5. Se il parere della regione è negativo o comunque non è espresso entro 90 giorni dal ricevimento da parte della regione della richiesta del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, si applicano i commi 3 e 4 dell'art. 11.

6. L'autorizzazione alle modifiche ottenuta ai sensi del presente articolo ha gli effetti di cui all'art. 12.

#### Art. 14.

1. Si applica l'art. 13 anche alla costruzione e all'esercizio di:

a) modifiche delle centrali turbogas;  
b) modifiche delle centrali termoelettriche esistenti;  
c) modifiche delle centrali termoelettriche in costruzione alla data di entrata in vigore delle presenti disposizioni.

2. Per le modifiche comportanti incrementi di potenza elettrica e per la costruzione di centrali turbogas si applica l'art. 15 della legge 2 agosto 1975, n. 393.

3. Le modifiche che non rientrano nella definizione di cui all'art. 2 non richiedono per la loro esecuzione né le autorizzazioni di cui alle presenti disposizioni, né la concessione edilizia comunale, né altre autorizzazioni previste dalla legislazione regionale.

#### Art. 15.

1. Le amministrazioni pubbliche debbono adottare gli atti d'intesa, le autorizzazioni, le approvazioni, i nulla osta e i pareri di rispettiva competenza, non previsti dalle presenti disposizioni, entro il termine di giorni 90 a decorrere dalla data della relativa richiesta.

2. Decorso infruttuosamente il termine di cui al comma 1 o in presenza di atti sfavorevoli, si applicano i commi 4 e 5 dell'art. 6.

#### Art. 16.

1. I pareri espressi in base alle presenti disposizioni si intendono sostitutivi di quelli previsti dalle particolari autorizzazioni prescritte per le seguenti opere o attività dalla normativa a fianco di ciascuna indicata:

a) deposito olii combustibili ed oleodotto (legge 8 febbraio 1934, n. 367; regio decreto 20 luglio 1934, n. 1303);

b) opere di presa e scarico acqua di raffreddamento (regio decreto 30 marzo 1942, n. 327; decreto del Presidente della Repubblica 15 febbraio 1952, n. 328; regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775; regio decreto 14 agosto 1920, n. 1285);

c) opere portuali (regio decreto 30 marzo 1942, n. 327; decreto del Presidente della Repubblica 15 febbraio 1952, n. 328).

#### Art. 17.

1. Per la messa in esercizio delle centrali termoelettriche, delle centrali turbogas e delle relative modifiche che comportano immissione di nuove sostanze estranee nell'ambiente, nonché per le attività di controllo, si applicano gli articoli 8, 9, 10 e 11 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, così come modificati dall'art. 17 del medesimo decreto.

2. Con riferimento all'art. 9 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, l'autorità competente per il controllo è la provincia.

#### Art. 18.

1. Per le centrali termoelettriche da installare nelle acque territoriali le presenti disposizioni si applicano con le seguenti modifiche:

a) gli enti territorialmente competenti ai fini degli articoli 4, 6, 7, 8 e 9 si identificano nella regione prospiciente la zona delle acque territoriali interessata dalla centrale termoelettrica e nel comune sul cui territorio insistono le opere accessorie e provvisorie al progetto;  
b) gli altri articoli delle presenti disposizioni si intendono modificati conseguentemente.

#### Art. 19.

1. Sono fatti salvi i poteri delle regioni a statuto speciale e delle province di Trento e Bolzano.

#### Art. 20.

1. Le presenti disposizioni non si applicano, con eccezione degli articoli da 12 a 16, alle centrali termoelettriche e turbogas autorizzate, alla data di entrata in vigore delle medesime disposizioni, con decreto di cui all'art. 5 della legge 18 dicembre 1973, n. 880.

#### NOTE

##### AVVERTENZA:

Il testo delle note qui pubblicato è stato redatto ai sensi dell'art. 10, commi 2 e 3, del testo unico approvato con decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 1985, n. 1092, al solo fine di facilitare la lettura delle disposizioni di legge alle quali è operato il rinvio. Restano invariati il valore e l'efficacia degli atti legislativi qui trascritti.

##### Note al titolo e alle premesse:

— L'art. 6 della legge n. 349/1986 (Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale) così recita:

«Art. 6. — 1. Entro sei mesi dall'entrata in vigore della presente legge il Governo presenta al Parlamento il disegno di legge relativo all'attuazione delle direttive comunitarie in materia di impatto ambientale.

2. In attesa dell'attuazione legislativa delle direttive comunitarie in materia di impatto ambientale, le norme tecniche e le categorie di opere in grado di produrre rilevanti modificazioni dell'ambiente ed alle quali si applicano le disposizioni di cui ai successivi commi 3, 4 e 5, sono individuate con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, previa deliberazione del Consiglio dei Ministri, adottata su proposta del Ministro dell'ambiente, sentito il comitato scientifico di cui al successivo art. 11, conformemente alla direttiva del Consiglio delle Comunità europee n. 85/337 del 27 giugno 1985.

3. I progetti delle opere di cui al precedente comma 2 sono comunicati, prima della loro approvazione, al Ministro dell'ambiente, al Ministro per i beni culturali e ambientali e alla regione territorialmente interessata, ai fini della valutazione dell'impatto sull'ambiente. La comunicazione contiene l'indicazione della localizzazione dell'intervento, la specificazione dei rifiuti liquidi e solidi, delle emissioni ed immissioni inquinanti nell'atmosfera e delle emissioni sonore prodotte dall'opera, la descrizione dei dispositivi di eliminazione o recupero dei danni all'ambiente ed i piani di prevenzione dei danni all'ambiente e di monitoraggio ambientale. L'annuncio dell'avvenuta comunicazione deve essere pubblicato, a cura del committente, sul quotidiano più diffuso nella regione territorialmente interessata, nonché su un quotidiano a diffusione nazionale.

4. Il Ministro dell'ambiente, sentita la regione interessata, di concerto con il Ministro per i beni culturali e ambientali, si pronuncia sulla compatibilità ambientale nei successivi novanta giorni, decorsi i quali la procedura di approvazione del progetto riprende il suo corso, salvo proroga deliberata dal Consiglio dei Ministri in casi di particolare rilevanza. Per le opere incidenti su aree sottoposte a vincolo di tutela culturale o paesaggistica, il Ministro dell'ambiente provvede di concerto con il Ministro per i beni culturali e ambientali.

5. Ove il Ministro competente alla realizzazione dell'opera non ritenga di uniformarsi alla valutazione del Ministro dell'ambiente, la questione è rimessa al Consiglio dei Ministri.

6. Qualora, nell'esecuzione delle opere di cui al comma 3, il Ministro dell'ambiente ravvisi comportamenti contrastanti con il parere sulla compatibilità ambientale espresso ai sensi del comma 4, o comunque tali da compromettere fondamentali esigenze di equilibrio ecologico e ambientale, ordina la sospensione dei lavori e rimette la questione al Consiglio dei Ministri.

7. Restano ferme le attribuzioni del Ministro per i beni culturali e ambientali nelle materie di sua competenza.

8. Il Ministro per i beni culturali e ambientali, nel caso previsto dall'art. 1-bis, comma 2, del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312, convertito, con modificazioni, nella legge 8 agosto 1985, n. 431, esercita i poteri di cui agli articoli 4 e 82 del decreto del Presidente della Repubblica 24 luglio 1977, n. 616, di concerto con il Ministro dell'ambiente.

9. Qualsiasi cittadino, in conformità delle leggi vigenti, può presentare, in forma scritta, al Ministero dell'ambiente, al Ministro per i beni culturali e ambientali e alla regione interessata istanze, osservazioni o pareri sull'opera soggetta a valutazione di impatto ambientale, nel termine di trenta giorni dall'annuncio della comunicazione del progetto.

— L'art. 3 del D.P.C.M. n. 377/1988 (Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale) così recita:

«Art. 3 (Norme tecniche integrative). — 1. Le norme tecniche integrative della disciplina di cui all'art. 2 del presente decreto, concernenti la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione dei giudizi di compatibilità di cui all'art. 6, comma 4, della legge 8 luglio 1986, n. 349, in relazione a ciascuna categoria di opere, sono emanate con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, previa deliberazione del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, di concerto con i Ministri competenti per materia e sentito il comitato scientifico di cui all'art. 11 della legge 8 luglio 1986, n. 349, entro novanta giorni dalla data di pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale del presente decreto».

— Il testo dell'art. 11 della citata legge n. 349/1986 è il seguente:

«Art. 11. — 1. Organo tecnico-scientifico del Ministero dell'ambiente è il comitato scientifico.

2. Il comitato scientifico è presieduto dal Ministro ed è composto nel modo seguente:

a) da dieci esperti designati rispettivamente dai Ministri dell'interio, dell'industria, del commercio e dell'artigianato, dei lavori pubblici, dell'agricoltura e delle foreste, della marina mercantile, della sanità, per i beni culturali e ambientali, della pubblica istruzione, per gli affari regionali e per il coordinamento delle iniziative per la ricerca scientifica e tecnologica;

b) da un componente, rispettivamente, del Consiglio superiore dei lavori pubblici, del Consiglio superiore di sanità, dell'Istituto superiore di sanità, del Consiglio superiore della marina mercantile, della Consulta per la difesa del mare dagli inquinamenti, del Consiglio superiore dell'agricoltura e delle foreste, del Consiglio nazionale per i beni culturali e ambientali, del Consiglio nazionale delle ricerche e del Consiglio superiore della pubblica istruzione;

c) da otto professori universitari di ruolo, di discipline attinenti alle tematiche ambientali;

d) da cinque esperti di problemi di ecologia, scelti tra persone di riconosciuta esperienza scientifica, sentita l'Accademia nazionale dei Lincei.

3. I componenti del comitato sono nominati con decreto del Ministro dell'ambiente e durano in carica quattro anni.

4. Le norme per l'organizzazione ed il funzionamento del comitato scientifico sono stabilite con decreto del Ministro dell'ambiente.

5. Il comitato scientifico esprime pareri nelle materie indicate nella presente legge, su richiesta del Ministro dell'ambiente.

6. Il comitato si pronuncia in seduta plenaria o in sezioni costituite dal Ministro in relazione ai settori di competenza del Ministero.

7. Il Ministro dell'ambiente può costituire, con proprio decreto, sentito il parere del Consiglio nazionale di cui al successivo art. 12, comitati tecnico-scientifici aventi competenza su specifici settori di intervento del Ministero dell'ambiente e sul settore delle aree protette».

Note all'art. 1.

— L'art. 1 del D.P.C.M. n. 377/1988, così recita:

«Art. 1 (Categorie di opere). — 1. Sono sottoposti alla procedura di valutazione di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, i progetti delle opere rientranti nelle seguenti categorie:

a) raffinerie di petrolio greggio (escluse le imprese che producono soltanto lubrificanti dal petrolio greggio), nonché impianti di gassificazione e di liquefazione di almeno 500 t al giorno di carbone o di scisti bituminosi;

b) centrali termiche ed altri impianti di combustione con potenza termica di almeno 300 MW, nonché centrali nucleari e altri reattori nucleari (esclusi gli impianti di ricerca per la produzione e la lavorazione delle materie fissili e fertili, la cui potenza massima non supera 1 KW di durata permanente termica);

c) impianti destinati esclusivamente allo stoccaggio definitivo o all'eliminazione definitiva dei residui radioattivi;

d) acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio;

e) impianti per l'estrazione di amianto, nonché per il trattamento e la trasformazione dell'amianto e dei prodotti contenenti amianto: per i prodotti di amianto-cemento, una produzione annua di oltre 20.000 t di prodotti finiti; per le guarnizioni da attrito, una produzione annua di oltre 50 t di prodotti finiti e, per gli altri impieghi dell'amianto, un'utilizzazione annua di oltre 200 t;

f) impianti chimici integrati;

g) autostrade e vie di rapida comunicazione definite ai sensi dell'accordo europeo sulle grandi strade di traffico internazionale del 15 novembre 1975; tronchi ferroviari per il traffico a grande distanza nonché aeroporti con piste di decollo e di atterraggio lunghe almeno 2100 metri;

h) porti commerciali marittimi, nonché vie navigabili e porti per la navigazione interna accessibili a battelli con stazza superiore a 1350 t;

i) impianti di eliminazione dei rifiuti tossici e nocivi mediante incenerimento, trattamento chimico o stoccaggio a terra;

l) dighe ed altri impianti destinati a trattenere regolare o accumulare le acque in modo durevole, di altezza superiore a 10 m e/o di capacità superiore a 100.000 mc.

2. La medesima procedura si applica anche agli interventi su opere già esistenti, non rientranti nelle categorie del comma 1, qualora da tali interventi derivi un'opera che rientra nelle categorie stesse; si applica altresì agli interventi su opere già esistenti rientranti nelle categorie del comma 1 qualora da tali interventi derivi un'opera con caratteristiche sostanzialmente diverse dalla precedente, con esclusione, comunque, dei ripristini e delle terze corsie autostradali aggiuntive che siano richieste da esigenze relative alla sicurezza del traffico o al mantenimento del livello di esercizio.

3. Il comma 2 non si applica ad eventuali interventi di risanamento ambientale di centrali termoelettriche esistenti, anche accompagnati da interventi di ripotenziamento, da cui derivi un miglioramento dello stato di qualità dell'ambiente connesso alla riduzione delle emissioni.

4. Per agevolare l'applicazione dei commi 2 e 3 il Ministro dell'ambiente convoca apposite riunioni di coordinamento con il Ministero per i beni culturali e ambientali e con le amministrazioni interessate all'esecuzione delle opere di cui al presente articolo, ai fini di individuare anticipatamente, sulla base dei programmi delle amministrazioni interessate, i casi di esclusione dalla procedura ai sensi dei citati commi.

5. Le disposizioni del presente articolo non si applicano alle opere destinate alla difesa nazionale.

— Si trascrive, in quanto successivamente citato, l'intero testo dell'art. 2 del D.P.C.M. n. 377/1988, ed il relativo art. 6:

«Art. 2 (Norme tecniche sulla comunicazione dei progetti). — 1. Si intendono per progetti delle opere di cui all'art. 1 i progetti di massima delle opere stesse, prima che i medesimi vengano inoltrati per i pareri, le autorizzazioni, i nulla-osta e gli altri atti previsti dalla normativa vigente, e, comunque, prima dell'aggiudicazione dei relativi lavori.

In particolare:

a) per progetti delle centrali termoelettriche, si intendono quelli necessari per il provvedimento di cui all'art. 5, primo comma, della legge 18 dicembre 1973, n. 880, così come disciplinato dall'art. 17 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, gli stessi devono essere inoltrati prima del provvedimento del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato;

b) per progetti delle raffinerie di petrolio greggio, degli impianti di gassificazione e liquefazione, delle acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio e degli impianti chimici integrati, si intendono quelli presentati al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato per il decreto di concessione secondo quanto previsto dal regio decreto-legge 2 novembre 1933, n. 1741, convertito dalla legge 8 febbraio 1934, n. 367, e successive modificazioni ed integrazioni; gli stessi devono essere inoltrati prima della concessione da parte del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato;

c) per progetti di impianto per l'estrazione di amianto, si intendono quelli presentati al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato; gli stessi devono essere inoltrati prima del rilascio del permesso da parte del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato;

d) per progetti degli impianti di eliminazione di smaltimento dei rifiuti tossici e nocivi, si intendono quelli che devono essere inoltrati alla regione per l'approvazione;

e) per progetti delle autostrade e delle vie di rapida comunicazione, si intendono quelli, riferiti all'intero tracciato, previsti dalle «Istruzioni per la redazione dei progetti strade» pubblicate nel Bollettino ufficiale - Norme tecniche - del C.N.R. - Anno XIV n. 77 del 5 maggio 1980, concernenti il progetto di massima, ovvero, nei casi in cui tale documentazione non sia disponibile per cause oggettive, riferiti a tronchi funzionali da sottoporre alle procedure di riferimento, purché siano comunque definite le ipotesi di massima concernenti l'intero tracciato nello studio di impatto ambientale. Gli stessi devono essere inoltrati prima del relativo provvedimento di approvazione da parte del Ministro dei lavori pubblici;

f) per progetti dei tronchi ferroviari per il traffico a grande distanza, si intendono quelli riferiti alla costruzione di impianti ferroviari e delle opere connesse predisposti dall'ente Ferrovie dello Stato e trasmessi alle regioni interessate ed agli enti locali nel cui territorio sono previsti gli interventi, ai sensi dell'art. 25 della legge 1° maggio 1985, n. 210; gli stessi devono essere inoltrati prima del relativo provvedimento di approvazione o conformità;

g) per progetti degli aeroporti, si intendono i nuovi piani regolatori o le varianti dei piani esistenti, nonché i progetti di massima delle opere; gli stessi devono essere inoltrati prima della approvazione da parte del comitato previsto dall'art. 5 della legge 22 agosto 1985, n. 449;

h) per progetti dei porti commerciali marittimi, i progetti stessi devono essere inoltrati prima della concessione da parte dei Ministri competenti;

i) per progetti delle dighe e degli altri impianti destinati a trattenere, regolare o accumulare le acque, si intendono i progetti di massima allegati alla domanda di concessione di derivazione d'acqua così come previsto all'art. 9 del regio decreto del 14 agosto 1920, n. 1235, al regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e all'art. 1 del decreto del Presidente della Repubblica 1° novembre 1959, n. 1363; gli stessi devono essere inoltrati prima della concessione alla derivazione, anche provvisoria, da parte del Ministro dei lavori pubblici.

2. Nel caso di appalto concorso o di affidamenti in concessione disciplinati dalla legge 24 giugno 1929, n. 1137, così come modificata dalla legge 15 gennaio 1951, n. 34, nonché dalla legge 8 agosto 1977, n. 584, e dalla legge 17 febbraio 1987, n. 80, le amministrazioni competenti comunicano al Ministro dell'ambiente e al Ministro per i beni culturali ed ambientali il progetto esecutivo delle opere qualora contenga importanti variazioni rispetto alla progettazione di massima già oggetto di pronuncia di compatibilità ambientale. Il Ministro dell'ambiente può stabilire, entro venti giorni dalla comunicazione, che il progetto esecutivo sia sottoposto a sua volta alla procedura di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349.

3. La comunicazione di cui al comma 3 dell'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, oltre al progetto come individuato al comma 1, comprende uno studio di impatto ambientale contenente:

a) l'indicazione della localizzazione riferita alla incidenza spaziale e territoriale dell'intervento, alla luce delle principali alternative prese in esame, alla incidenza sulle risorse naturali, alla corrispondenza ai piani urbanistici, paesistici, territoriali e di settore, agli eventuali vincoli paesaggistici, archeologici, demaniali ed idrogeologici, supportata da adeguata cartografia;

b) la specificazione degli scarichi idrici e delle misure previste per l'osservanza della normativa vigente, nonché le eventuali conseguenti alterazioni della qualità del corpo ricettore finale;

c) la specificazione dei rifiuti solidi e delle relative modalità di smaltimento rapportata alle prescrizioni della normativa vigente in materia;

d) la specificazione delle emissioni nell'atmosfera da sostanze inquinanti, rapportata alla normativa vigente, nonché le conseguenti alterazioni della qualità dell'aria anche alla luce delle migliori tecnologie disponibili;

e) la specificazione delle emissioni sonore prodotte e degli accorgimenti e delle tecniche riduttive del rumore previsti;

f) la descrizione dei dispositivi di eliminazione e risarcimento dei danni all'ambiente con riferimento alle scelte progettuali, alle migliori tecniche disponibili ed agli aspetti tecnico-economici;

g) i piani di prevenzione dei danni all'ambiente con riferimento alle fasi di costruzione e gestione;

h) i piani di monitoraggio ambientale secondo le specificazioni derivanti dalla normativa vigente o da particolari esigenze in relazione alle singole opere;

i) un riassunto non tecnico di quanto previsto alle lettere precedenti.

«Art. 6 (Istruttoria). — 1. L'istruttoria sui progetti di cui all'art. 1 ha le seguenti finalità:

a, accertare la completezza della documentazione presentata;

b, verificare la rispondenza della descrizione dei luoghi e delle loro caratteristiche ambientali a quelle documentate dal proponente;

c, verificare che i dati del progetto, per quanto concerne i rifiuti liquidi e solidi e le emissioni inquinanti nell'atmosfera, corrispondano alle prescrizioni dettate dalla normativa di settore;

d, accertare la coerenza del progetto, per quanto concerne le tecniche di realizzazione e dei processi produttivi previsti, con i dati di utilizzo delle materie prime e delle risorse naturali;

e, accertare il corretto utilizzo delle metodologie di analisi e previsione, nonché l'adeguatezza delle tecniche di rilevazione e previsione impiegate dal proponente in relazione agli effetti ambientali.

f) individuare e descrivere l'impatto complessivo del progetto sull'ambiente anche in ordine ai livelli di qualità finale, raffrontando la situazione esistente al momento della comunicazione con la previsione di quella successiva.

2. La pronuncia sulla compatibilità ambientale del progetto interviene nel termine di cui al comma 4 dell'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, decorso il quale la procedura riprende il suo corso.

— L'art. 18 della legge n. 67/1983 (Legge finanziaria 1983) così recita:

«Art. 18. — In attuazione della legge 8 luglio 1986, n. 349, ed in attesa della nuova disciplina relativa al programma triennale di salvaguardia ambientale, è autorizzata per l'anno 1988, la spesa di lire 870 miliardi per un programma annuale, concernente l'esercizio in corso di interventi urgenti per la salvaguardia ambientale, contenente:

a) interventi nelle aree ad elevato rischio di crisi ambientale, di cui all'art. 7 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per lire 160 miliardi, secondo quanto previsto per l'annualità 1988 dalla tabella D della presente legge;

b) finanziamento dei progetti e degli interventi per il risanamento del bacino idrografico padano, nonché dei progetti relativi ai bacini idrografici interregionali e dei maggiori bacini idrografici regionali; la relativa autorizzazione di spesa viene fissata in lire 300 miliardi per il bacino padano ed in lire 25 miliardi per i progetti relativi agli altri bacini;

c) in attesa dell'approvazione della legge-quadro sui parchi nazionali e le riserve naturali, istituzione, con le procedure di cui all'art. 5 della legge 8 luglio 1986, n. 349, dei parchi nazionali del Pollino, delle Dolomiti Bellunesi, dei Monti Sibillini, e, d'intesa con la regione Sardegna, del parco marino del Golfo di Orsei, nonché, d'intesa con le regioni interessate, di altri parchi nazionali o interregionali; si applicano per i parchi nazionali così istituiti, in quanto compatibili, le nuove norme vigenti per il Parco nazionale d'Abruzzo, in particolare per la redazione ed approvazione dei piani regolatori, per la redazione ed approvazione dello statuto e per l'amministrazione e gestione del parco; la relativa autorizzazione di spesa viene fissata in lire 50 miliardi;

d) concessione di un contributo straordinario di 5 miliardi ciascuno all'ente Parco nazionale del Gran Paradiso e all'ente Parco nazionale d'Abruzzo;

e) progettazione ed avvio della realizzazione di un sistema informativo e di monitoraggio ambientale finalizzato alla redazione della relazione sullo stato dell'ambiente ed al perseguimento degli obiettivi di cui agli articoli 1, commi 3 e 6, 2, 7 e 14 della legge 8 luglio 1986, n. 349, anche attraverso il coordinamento a fini ambientali dei sistemi informativi delle altre amministrazioni ed enti statali, delle regioni, degli enti locali e delle unità sanitarie locali; nonché completamento del piano generale di risanamento delle acque di cui all'art. 1, lettera a), della legge 10 maggio 1976, n. 319; la relativa autorizzazione di spesa viene fissata in lire 75 miliardi;

f) finanziamento, previa valutazione da parte della commissione di cui all'art. 14 della legge 28 febbraio 1986, n. 41, integrata da due rappresentanti del Ministro del lavoro e della previdenza sociale, di progetti di occupazione aggiuntiva di giovani disoccupati, iscritti alle liste di collocamento, che riguardano: 1) la salvaguardia e valorizzazione ambientale dei parchi e delle riserve naturali nazionali e regionali; 2) il completamento del catasto degli scarichi pubblici e privati in corpi idrici; 3) il rilevamento delle discariche di rifiuti esistenti, con particolare riferimento ai rifiuti tossici e nocivi. Questi tre progetti nazionali sono definiti dal Ministro dell'ambiente, viste le proposte provenienti dalle regioni, enti locali ed enti gestori dei parchi e sentite le competenti commissioni parlamentari. La realizzazione di questi progetti è affidata alle regioni ed agli enti locali coinvolti e interessati secondo le priorità e articolazioni ivi contenute. L'assunzione a termine di giovani disoccupati iscritti alle liste di collocamento deve avvenire secondo il punteggio di tali liste, su domanda presentata dai giovani interessati contenente ogni utile informazione e sulla base di una graduatoria definita secondo i criteri e i titoli previsti in ciascun progetto. Tale graduatoria verrà affissa agli albi comunali dei comuni interessati. Almeno il 50 per cento delle disponibilità è riservato a iniziative localizzate nei territori meridionali di cui all'art. 1 del testo unico approvato con decreto del Presidente della Repubblica 6 marzo 1978, n. 218. La relativa autorizzazione di spesa viene fissata in lire 230 miliardi. Entro il 31 dicembre 1988, il Ministro dell'ambiente presenta alle competenti commissioni parlamentari una relazione dettagliata sui progetti finanziati, sull'impegno finanziario di ogni progetto, sugli obiettivi, i criteri impiegati, il numero e il tipo di giovani impiegati;

g) avvio dei rilevamenti e delle altre attività strumentali alla formazione e all'aggiornamento della carta geologica nazionale e della relativa restituzione cartografica; la relativa autorizzazione di spesa è fissata in lire 20 miliardi.

2. È autorizzato un aumento di organico per le specifiche esigenze del Servizio geologico, pari a 150 unità nell'ambito della riorganizzazione prevista dall'art. 2, comma 1, della legge 3 marzo 1987, n. 59; la relativa autorizzazione di spesa è fissata in lire 11 miliardi per ciascuno degli anni 1988, 1989 e 1990.

3. Il Ministro dell'ambiente, sentite le commissioni parlamentari competenti, propone al CIPE, per l'approvazione, il programma annuale per l'esercizio 1988 di cui al comma 1 e ne assicura l'attuazione. Il CIPE definisce, in sede di approvazione del programma, i criteri di priorità territoriale e settoriale per la definizione e la selezione dei progetti.

4. Gli interventi di cui alle lettere a), b), e) e g) del comma 1 sono finanziati sulla base di progetti elaborati dal Ministero dell'ambiente ovvero presentati da amministrazioni statali, da regioni, da enti locali o loro consorzi, da consorzi di bonifica e da enti pubblici non economici. L'istruttoria tecnica per la valutazione dei progetti è svolta, sulla base degli obiettivi e delle priorità fissati dal programma di salvaguardia, dalla commissione tecnico-scientifica di cui all'art. 14 della legge 28 febbraio 1986, n. 41.

5. Ai fini dell'applicazione della disciplina transitoria sulla valutazione dell'impatto ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, è istituita, con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, nell'ambito del Servizio valutazione dell'impatto ambientale, una commissione per le valutazioni dell'impatto ambientale, presieduta dal direttore generale competente, composta da 20 membri. Il relativo onere è valutato in lire 2 miliardi annui, a decorrere dal 1988. Per i criteri di selezione, per lo status giuridico e per i compensi dei membri della commissione si applicano le norme di cui all'art. 3 e all'art. 5 della legge 17 dicembre 1986, n. 878.

— L'art. 5 del D.P.C.M. n. 377/1988 così recita:

«Art. 5 (Pubblicità). — 1. Contestualmente alla comunicazione di cui al comma 3 dell'art. 2, il committente di opere di cui all'art. 1 provvede alla pubblicazione, sul quotidiano più diffuso nella regione o provincia autonoma territorialmente interessata e su un quotidiano a diffusione nazionale, di un annuncio contenente l'indicazione dell'opera, la sua localizzazione ed una sommaria descrizione del progetto.

2. Il committente provvede altresì al deposito di una o più copie del progetto e degli elaborati della comunicazione, così come definiti all'art. 2, presso il competente ufficio della regione o provincia autonoma interessata, ai fini della consultazione da parte del pubblico.

3. Le regioni, entro trenta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, individuano gli uffici di cui al comma 2 provvedendo anche alla pubblicazione sul Bollettino ufficiale della regione e ad una adeguata informazione al pubblico».

Nota all'art. 4:

Il D.P.R. n. 175/1988 riguarda l'attuazione della direttiva CEE n. 82/501 relativa ai rischi di incidenti rilevanti commessi con determinate attività industriali ai sensi della legge 16 aprile 1987, n. 183. L'art. 5 del citato decreto così recita:

«Art. 5 (Contenuto della notifica). — 1. Alla notifica di cui all'articolo 4 deve essere allegato un rapporto di sicurezza contenente i seguenti elementi:

a) informazioni relative alle sostanze riportate rispettivamente nell'allegato II e nell'allegato III concernenti:

- 1) i dati e le informazioni elencati nell'allegato V;
- 2) la fase dell'attività in cui esse intervengono o possono intervenire;
- 3) la quantità (ordine di grandezza);
- 4) il comportamento chimico e/o fisico nelle condizioni normali di utilizzazione durante il procedimento;
- 5) le forme in cui possono presentarsi o trasformarsi in caso di anomalie prevedibili;
- 6) le altre sostanze pericolose la cui presenza, anche eventuale, può influire sul rischio potenziale dell'attività industriale in questione;

## b) informazioni relative agli impianti concernenti:

1) la loro ubicazione, le relative caratteristiche idrogeologiche e sismiche, le condizioni meteorologiche dominanti, nonché le fonti di pericolo imputabili alla situazione del luogo;

2) il numero massimo degli addetti e segnatamente di quelli esposti al rischio;

3) la descrizione generale dei processi tecnologici;

4) la descrizione delle parti dell'impianto rilevanti dal punto di vista della sicurezza, delle cause di pericolo, delle condizioni che rendono possibile il verificarsi di un incidente rilevante e delle misure di prevenzione adottate o previste;

5) le misure prese per assicurare che siano disponibili in ogni momento i mezzi tecnici necessari per garantire il funzionamento degli impianti in condizioni di sicurezza e per far fronte a qualsiasi inconveniente;

6) le cautele operative da usare in caso di incidenti rilevanti;

c) informazioni relative ad eventuali situazioni di incidente rilevante concernenti:

1) i piani di emergenza, compresa l'attrezzatura di sicurezza, i sistemi di allarme e i mezzi di intervento previsti all'interno dello stabilimento in casi di incidente rilevante;

2) qualsiasi informazione necessaria alle autorità competenti per consentire l'elaborazione dei piani di emergenza all'esterno dello stabilimento;

3) il nome della persona o delle persone responsabili per la sicurezza e per l'attuazione dei piani di emergenza interni, nonché per la comunicazione immediata al prefetto ed all'autorità competente;

d) indicazione del fabbricante sul se e su quali misure assicurative e di garanzia per i rischi di danni a persona, a cose e all'ambiente abbia adottato in relazione all'attività esercitata.

## Note all'art. 6:

— L'art. 18 della legge n. 67/1988 è riportato nelle note all'art. 2.

— Gli articoli 1, 2 e 6 del D.P.C.M. n. 377/1988 sono riportati nelle note all'art. 1.

— L'art. 6 della legge n. 349/1986 è riportato nelle note al titolo e alle premesse.

## Note all'art. 8:

— L'art. 7 della legge n. 349/1986 così recita:

«Art. 7. — 1. Gli ambiti territoriali e gli eventuali tratti marittimi prospicienti, caratterizzati da gravi alterazioni degli equilibri ecologici nei corpi idrici, nell'atmosfera o nel suolo, sono dichiarati «aree ad elevato rischio di crisi ambientale».

2. La dichiarazione di area ad elevato rischio di crisi ambientale è deliberata dal Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, d'intesa con le regioni interessate.

3. Con la deliberazione di cui al precedente comma 2 sono individuati gli obiettivi per gli interventi di risanamento e le direttive per la formazione di un piano di disinquinamento. Il piano, predisposto d'intesa con le regioni interessate dal Ministro dell'ambiente, è approvato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su deliberazione del Consiglio dei Ministri.

4. Il piano, sulla base della riorganizzazione delle fonti inquinanti, dispone un programma anche pluriennale, di misure dirette:

a) alla realizzazione e all'impiego, anche agevolati, di impianti ed apparati per eliminare o ridurre l'inquinamento;

b) alla vigilanza sui tipi e modi di produzione e sulla utilizzazione dei dispositivi di eliminazione o riduzione dell'inquinamento;

5. Il piano definisce, per l'attuazione degli interventi previsti, il fabbisogno finanziario annuale cui si farà fronte con appositi stanziamenti iscritti nello stato di previsione del Ministero dell'ambiente, determinati con le modalità di cui al quattordicesimo comma dell'art. 19 della legge 22 dicembre 1984, n. 887.

6. L'adozione del piano ha effetto di dichiarazione di pubblica utilità e di urgenza ed indifferibilità delle opere in esso previste.

7. Ai fini dell'attuazione del piano, il Ministro dell'ambiente, nei casi di accertata inadempienza da parte delle regioni di obblighi espressamente previsti, sentita la regione interessata, assegna un congruo termine per provvedere, scaduto il quale provvede in via sostitutiva su conforme deliberazione del Consiglio dei Ministri.

— Gli articoli 1 e 2 del D.P.C.M. n. 377/1988 sono riportati nelle note all'art. 1.

## Note all'allegato III:

— Il testo dell'art. 4 del D.P.C.M. n. 377/1988 è il seguente:

«Art. 4 (Vigilanza). — 1. Il Ministro dell'ambiente vigila ai sensi dell'art. 6, comma 6, della legge 8 luglio 1986, n. 349, sulla osservanza delle eventuali prescrizioni contenute nella pronuncia di compatibilità ambientale.

2. Le amministrazioni interessate rendono noto nel bando di gara o nell'invito a trattare che l'approvazione dei progetti è assoggettata all'osservanza delle eventuali prescrizioni contenute nella pronuncia di compatibilità ambientale».

— La legge n. 58/1963 reca modificazioni ed aggiunte agli articoli 714 e 717 del codice di navigazione aerea.

## Note all'allegato IV:

## Art. 1:

Il comma 2 dell'art. 17 del D.P.R. n. 203/1988 (Attuazione delle direttive CEE numeri 80/799, 82/384, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183) così recita: «Le autorizzazioni di competenza del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, previste dalle disposizioni vigenti per la costruzione e l'esercizio degli impianti di cui al comma 1, sono rilasciate previo parere favorevole dei Ministri dell'ambiente e della sanità, sentita la regione interessata. Dopo l'approvazione del piano energetico nazionale, per le centrali di nuova installazione saranno applicate, anche in deroga alle disposizioni del presente decreto, le procedure definite nell'ambito del piano medesimo».

## Art. 4:

Gli articoli 7 e 8 della legge n. 2359/1865 (Espropriazione per causa di utilità pubblica) così recitano:

«Art. 7. — Gli ingegneri, gli architetti ed i periti incaricati della formazione del progetto di massima, potranno introdursi nelle proprietà private, e procedere alle operazioni planimetriche e ad altri lavori preparatori dipendenti dal ricevuto incarico, purché siano muniti di un decreto del prefetto o del sotto-prefetto, nella cui Provincia o circondario debbono fare le suddette operazioni, e ne sia dato tre giorni prima avviso ai proprietari.

I prefetti ed i sotto-prefetti, prima di rilasciare tale decreto, dovranno accertarsi se gli studi furono debitamente autorizzati dall'Autorità competente nei casi in cui ciò è richiesto.

L'avviso ai proprietari sarà dato a cura del Sindaco ed a spese di chi ordinò gli studi, e dovrà indicare i nomi delle persone cui è concessa la facoltà di introdursi nelle proprietà private.

Se trattasi di luoghi abitati, il sindaco sulla istanza delle parti interessate, fisserà il tempo ed il modo con cui la facoltà concessa può essere esercitata.

Il sindaco potrà far assistere a quelle operazioni una persona da lui delegata.

Coloro che intraprendono le suddette operazioni saranno obbligati a risarcire qualunque danno recato ai proprietari, e per assicurare il pagamento di questa indennità, potranno i prefetti e sotto-prefetti prescrivere il preventivo deposito di una congrua somma.

Art. 8. — Chi si opponesse alle operazioni degli ingegneri, architetti o periti nei casi previsti nell'articolo precedente, o che togliesse i picchetti, i paletti od altri segnali che fossero stati infissi per eseguire il tracciamento dei piani, incorrerà in un'ammenda o multa estensibile a L. 12.000, salvo le maggiori pene stabilite dal codice penale in caso di reato maggiore.

Se la formazione dei piani fu ordinata dall'Amministrazione dello Stato, di una provincia o di un comune, la denuncia sarà fatta all'autorità giudiziaria competente dal prefetto o dal sotto-prefetto, o dal sindaco; negli altri casi, da chi avrà commessa la formazione dei suddetti piani».

## Art. 9:

L'art. 15 della legge n. 393/1975 (Norme sulla localizzazione delle centrali elettro-nucleari e sulla produzione e sull'impiego di energia elettrica) è così formulato:

«Art. 15. — Per le opere di urbanizzazione secondaria che il comune deve eseguire in relazione alla costruzione di centrali termiche di qualsiasi tipo e di centrali idroelettriche di accumulazione mediante pompaggio, l'ENEL è tenuto a corrispondere, in sostituzione degli obblighi previsti dalla legge 17 agosto 1942, n. 1150, e successive modificazioni, al comune nel cui territorio deve essere installato l'impianto, un contributo di L. 2.200 per chilowatt di potenza nominale dell'impianto stesso.

Il contributo di cui al comma precedente è indicizzato annualmente sulla base dei parametri del collegio nazionale dei costruttori.

Per l'adempimento di quanto previsto nel primo comma del presente articolo, l'ENEL ed i comuni interessati sono tenuti a stipulare, entro trenta giorni dalla richiesta dell'ENEL, apposita convenzione sostitutiva di quella prevista nell'art. 28, quinto comma, della legge 17 agosto 1942, n. 1150, modificata dall'art. 8 della legge 6 agosto 1967, n. 765.

Nel caso in cui la centrale ricada sul territorio di più comuni, il contributo predetto è ripartito proporzionalmente con decreto del presidente della regione nella quale è installato l'impianto stesso sentiti, ove necessario, i presidenti delle altre regioni interessate. Analogamente provvede la regione per l'ipotesi in cui sia necessario destinare parte dei contributi ad opere di urbanizzazione da realizzare a cura della regione stessa o delle province.

Il pagamento della somma è effettuato gradualmente in relazione allo stato di avanzamento delle opere di urbanizzazione».

## Art. 12:

— Il testo dell'art. 9 della legge n. 319/1976 (Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento) è il seguente:

«Art. 9. — In tutto il territorio nazionale viene stabilita un'unica disciplina degli scarichi, basata sulla prescrizione per gli stessi dei limiti di accettabilità previsti nelle tabelle A, B e C allegate alla presente legge.

Essi si applicano con le modalità e i termini di cui ai successivi articoli del presente titolo.

La misurazione degli scarichi si intende effettuata subito a monte del punto di immissione nei corpi ricettori di cui all'articolo 1, lettera a) della presente legge, salvo quanto prescritto al penultimo comma del presente articolo. Tutti gli scarichi devono essere resi accessibili per il campionamento da parte dell'autorità competente per il controllo nel punto assunto per la misurazione.

I limiti di accettabilità non potranno in alcun caso essere conseguiti mediante diluizione con acque prelevate esclusivamente allo scopo.

Qualora le acque prelevate da un corpo idrico superficiale presentino parametri con valori superiori ai limiti tabellari, la disciplina dello scarico è fissata dall'autorità di controllo in base alla natura delle alterazioni e agli obiettivi di tutela del corpo idrico ricettore fissati dalle regioni fermo restando che le acque debbono essere restituite con le medesime caratteristiche qualitative e senza maggiorazioni di portata allo stesso corpo idrico dal quale sono state prelevate.

L'autorità competente per il controllo è autorizzata ad effettuare all'interno degli insediamenti produttivi tutte le ispezioni che essa ritenga necessarie per l'accertamento delle condizioni che danno luogo alla formazione degli scarichi. Essa può richiedere che scarichi parziali contenenti le sostanze di cui al punto 10 delle tabelle A e C, allegate alla presente legge subiscano un trattamento particolare prima della loro confluenza nello scarico generale.

Non è comunque consentito diluire con acque di raffreddamento di lavaggio o prelevate esclusivamente allo scopo di scarichi parziali contenenti le sostanze di cui al numero 10 delle tabelle A e C prima del trattamento degli scarichi parziali stessi per adeguarli ai limiti previsti dalla presente legge.

Tutti gli scarichi debbono essere autorizzati. L'autorizzazione è rilasciata dalle autorità competenti al controllo».

— Il testo dell'art. 14 della legge n. 650/1979 (Integrazioni e modifiche delle leggi 16 aprile 1973, n. 171 e 10 maggio 1976, n. 319, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento), come sostituito dall'art. 14 della legge 24 dicembre 1979, n. 650, poi modificato dall'art. 4 della legge n. 349/1986, è il seguente:

«Art. 11. — L'autorizzazione agli scarichi diretti nelle acque del mare è rilasciata dall'autorità designata dalla regione territorialmente competente ed è subordinata all'osservanza da parte del richiedente delle prescrizioni, dei limiti e degli indici di accettabilità previsti dalla presente legge.

Restano fermi i poteri dell'autorità marittima connessi alla disciplina dell'uso del demanio marittimo e della navigazione.

L'autorizzazione agli scarichi nelle acque del mare da parte di navi ed aeromobili è rilasciata in conformità alle disposizioni stabilite nelle convenzioni internazionali vigenti in materia e ratificate dall'Italia, secondo le direttive stabilite dal Comitato interministeriale di cui all'articolo 3, in armonia con quelle della presente legge.

L'autorizzazione agli scarichi di cui al precedente comma è rilasciata dal Ministro dell'ambiente su proposta del capo del compartimento marittimo nella cui zona di competenza si trova il porto da cui parte la nave con il carico dei materiali da scaricare, ovvero il porto più vicino al luogo di scarica, se ad opera di aeromobili.

Alle istruttorie per le autorizzazioni di cui sopra provvede l'autorità marittima competente per territorio; per le spese si provvede a termine dell'art. 15.

Il Ministro dell'ambiente provvede ad effettuare le prescritte notifiche ai competenti organismi internazionali».

— L'art. 48 del D.P.R. n. 303/1956 (Norme generali per l'igiene e lavoro) così recita:

«Art. 48. (Notifiche all'ispettorato del lavoro). — Chi interviene a costruire, ampliare od adattare un edificio od un locale per adibirlo a lavorazioni industriali cui debbono presumibilmente essere addetti più di tre operai, è tenuto a darne notizia all'ispettorato del lavoro, mediante lettera raccomandata od in altro modo equipollente.

La notifica deve contenere una descrizione dell'oggetto delle lavorazioni delle principali modalità delle stesse e delle caratteristiche dei locali e degli impianti, corredata da disegni di massima, in quanto occorrono.

L'ispettorato del lavoro può chiedere ulteriori dati e prescrivere modificazioni ai progetti dei locali, degli impianti e alle modalità delle lavorazioni quando le ritenga necessarie per l'osservanza delle norme contenute nel presente decreto.

L'ispettorato del lavoro tiene conto, nelle sue determinazioni, delle cautele che possono essere necessarie per la tutela del vicinato, prendendo all'uopo gli opportuni accordi col medico provinciale o con l'ufficiale sanitario, al fine di coordinare l'adozione dei provvedimenti di rispettiva competenza.

Qualora l'ispettorato del lavoro non faccia prescrizioni entro i 30 giorni dalla notifica, gli interessati possono eseguire i lavori, ferma restando però la loro responsabilità per quanto riguarda la osservanza delle disposizioni del presente decreto».

— L'art. 17 della legge n. 898/1976 (Nuova regolamentazione delle servitù militari), così recita:

«Art. 17. — Deve essere richiesto il parere del comandante territoriale per tutte le nuove realizzazioni o varianti strutturali significative interessanti grandi comunicazioni stradali (strade statali e autostrade) e ferrovie nonché per tutti i lavori interessanti dighe di ritenuta, impianti minerari marittimi, idroelettrici, grandi stabilimenti industriali, centri termoelettrici, impianti elettrici ad altissima potenziale, grandi depositi di olii minerali, oleodotti, metanodotti, in qualsiasi parte del territorio nazionale le opere vengano compiute.

Il parere deve essere espresso nel termine di novanta giorni. Qualora il comandante territoriale non si pronuncerà entro il predetto termine, la mancata pronuncia equivale all'espressione del parere favorevole».

— Il testo dell'art. 714 codice della navigazione, approvato con R.D. n. 327/1942, come modificato dalla legge 4 febbraio 1963, n. 58, è il seguente:

«Art. 714 (Ostacoli alla navigazione). — In vicinanza degli aeroporti statali e di quelli privati aperti al traffico aereo civile a norma dell'art. 709, secondo comma, sono soggetti alle limitazioni stabilite negli articoli seguenti le costruzioni, le piantagioni arboree a fusto legnoso, gli impianti di linee elettriche, telegrafiche e telefoniche, le filovie, funivie e teleferiche, le antenne radio, gli impianti di elevazione, e in genere qualsiasi opera che possa ugualmente costituire ostacolo alla navigazione aerea, sia nelle direzioni di atterraggio che nelle altre direzioni».

— L'art. 7 della legge n. 1497/1939 (Protezione delle bellezze naturali), così recita:

«Art. 7. — I proprietari, possessori o detentori, a qualsiasi titolo, dell'immobile, il quale sia stato oggetto nei pubblicati elenchi delle località, non possono distruggerlo né introdurre modificazioni che rechino pregiudizio a quel suo esteriore aspetto che è protetto dalla presente legge.

Essi, pertanto, debbono presentare i progetti dei lavori che vogliono intraprendere alla competente regia soprintendenza e astenersi dal mettervi mano sino a tanto che non ne abbiano ottenuta l'autorizzazione.

È fatto obbligo al regio soprintendente, di pronunciarsi sui detti progetti nel termine massimo di tre mesi dalla loro presentazione».

— L'art. 82, comma 9, del D.P.R. n. 616/1977, recante attuazione della delega di cui all'art. 1 della legge 22 luglio 1975, n. 382, in materia di trasferimento e di delega alle regioni a statuto ordinario di funzioni statali; come introdotto dalla legge 8 agosto 1985, n. 431, è così formulato: «L'autorizzazione di cui all'art. 7 della legge 29 giugno 1939, n. 1497, deve essere rilasciata o negata entro il termine perentorio di sessanta giorni. Le regioni danno immediata comunicazione al Ministro per i beni culturali e ambientali delle autorizzazioni rilasciate e trasmettono contestualmente la relativa documentazione. Decorso inutilmente il predetto termine, gli interessati, entro trenta giorni possono richiedere l'autorizzazione al Ministro per i beni culturali e ambientali, che si pronuncia entro sessanta giorni dalla data di ricevimento della richiesta. Il Ministro per i beni culturali e ambientali può in ogni caso annullare, con provvedimento motivato, l'autorizzazione regionale entro i sessanta giorni successivi alla relativa comunicazione».

— Per l'art. 6 della legge n. 349/1986, si veda nelle note al titolo e alle premesse.

— Il testo dell'art. 55 del codice della navigazione, approvato con R.D. n. 327/1942, è il seguente:

«Art. 55 (Nuove opere in prossimità del demanio marittimo). — La esecuzione di nuove opere entro una zona di trenta metri dal demanio marittimo o dal ciglio dei terreni elevati sul mare è sottoposta all'autorizzazione del capo del compartimento.

Per ragioni speciali, in determinate località la estensione della zona entro la quale l'esecuzione di nuove opere è sottoposta alla predetta autorizzazione può essere determinata in misura superiore ai trenta metri, con decreto reale, previo parere del consiglio di Stato.

L'autorizzazione si intende negata se entro novanta giorni l'amministrazione non ha accolta la domanda dell'interessato.

L'autorizzazione non è richiesta quando le costruzioni sui terreni prossimi al mare sono previste in piani regolatori o di ampliamento già approvati dall'autorità marittima.

Quando siano abusivamente eseguite nuove opere entro la zona indicata dai primi due commi del presente articolo, l'autorità marittima provvede ai sensi dell'articolo precedente».

— L'art. 221 del testo unico delle leggi sanitarie, approvato con R.D. n. 1265/1934, è così formulato:

«Art. 221. — Gli edifici o parti di essi indicati nell'articolo precedente [nuove case, urbane o rurali, ricostruzione, sopraelevazione o modificazioni di case esistenti, *n.d.r.*] non possono essere abitati senza autorizzazione del podestà [ora sindaco, *n.d.r.*], il quale la concede, quando, previa ispezione dell'ufficiale sanitario o di un ingegnere a ciò delegato, risulti che la costruzione sia stata eseguita in conformità del progetto approvato, che i muri siano convenientemente prosciugati e che non sussistano altre cause di insalubrità.

Il proprietario, che contravenga alle disposizioni del presente articolo è punito con l'ammenda da lire duecento a lire duemila».

La misura minima e massima della sanzione pecuniaria di cui all'ultimo comma dell'articolo soprariportato è stata successivamente moltiplicata prima per due (D.L.L. 5 ottobre 1945, n. 679), poi per otto (D.L.C.P.S. 21 ottobre 1947, n. 1250), quindi per quaranta con assorbimento dei precedenti aumenti (art. 3 legge 12 luglio 1961, n. 603) e infine per cinque (legge 24 novembre 1981, n. 689, art. 113, primo comma). La misura attuale della sanzione è quindi «da lire quarantamila a lire quattrocentomila».

— L'art. 216 del predetto testo unico così recita:

«Art. 216. — Le manifatture o fabbriche che producono vapori, gas o altre esalazioni insalubri o che possono riuscire in altro modo pericolose alla salute degli abitanti sono indicate in un elenco diviso in due classi.

La prima classe comprende quelle che debbono essere isolate nelle campagne e tenute lontane dalle abitazioni; la seconda quelle che esigono speciali cautele per la incolumità del vicinato.

Questo elenco, compilato dal Consiglio superiore di sanità, è approvato dal Ministro per l'interno, sentito il Ministro per le corporazioni [ora Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, *n.d.r.*], e serve di norma per l'esecuzione delle presenti disposizioni.

Le stesse norme stabilite per la formazione dell'elenco sono seguite per iscriverci ogni altra fabbrica o manifattura che posteriormente sia riconosciuta insalubre.

Una industria o manifattura la quale sia iscritta nella prima classe, può essere permessa nell'abitato, quante volte l'industriale che l'esercita provi che, per l'introduzione di nuovi metodi o speciali cautele, il suo esercizio non reca nocumento alla salute del vicinato.

Chiunque intende attivare una fabbrica o manifattura compresa nel sopra indicato elenco, deve quindici giorni prima darne avviso per iscritto al podestà, il quale, quando lo ritenga necessario nell'interesse della salute pubblica, può vietarne l'attivazione o subordinarla a determinate cautele.

Il contravventore è punito con l'ammenda da lire duecento a lire duemila».

La sanzione dell'ammenda di cui all'ultimo comma dell'articolo sopra riportato è stata sostituita con la sanzione amministrativa pecuniaria dall'art. 1 della legge 24 dicembre 1975, n. 706, il quale ha previsto che non costituissero più reato e fossero soggette alla sanzione amministrativa del pagamento di una somma di denaro tutte le violazioni per le quali fosse prevista la sola pena dell'ammenda. La legge n. 706/1975 è stata abrogata dall'art. 42 della legge 24 novembre 1981, n. 689 (Modifiche al sistema penale), il cui art. 32 ha confermato la depenalizzazione del reato, includendovi anche i reati punibili con la sola pena della multa.

La misura minima e massima della sanzione di cui sopra è stata successivamente moltiplicata prima per due (D.L.L. 5 ottobre 1945, n. 679), poi per otto (D.L.C.P.S. 21 ottobre 1947, n. 1250), quindi per quaranta con assorbimento dei precedenti aumenti (art. 3 legge 12 luglio 1961, n. 603) e infine per cinque (legge 24 novembre 1981, n. 689, art. 114, primo comma, in relazione all'art. 113, primo comma). La misura attuale della sanzione è quindi «da lire quarantamila a lire quattrocentomila».

Art. 14:

L'art. 15 della legge n. 393/1975 è riportato nella nota all'art. 9 del presente allegato IV.

Art. 16:

— La legge n. 367/1934, che ha convertito il R.D.L. 2 novembre 1933, n. 1741, riguarda: «Disciplina dell'importazione, della lavorazione, del deposito e della distribuzione degli olii minerali e dei carburanti».

— Il R.D. n. 1303/1934 approva il regolamento per l'esecuzione del R.D.L. 2 novembre 1933, n. 1741.

— Il R.D. n. 327/1942 approva il testo definitivo del codice della navigazione.

— Il D.P.R. n. 328/1952 approva il regolamento per l'esecuzione del codice della navigazione.

— Il R.D. n. 1775/1933 approva il testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici.

— Il R.D. n. 1285/1920 approva il regolamento per le derivazioni e utilizzazioni di acque pubbliche.

Art. 17:

Il comma 2 dell'art. 17 del D.P.R. n. 203/1988 è riportato nella nota all'art. 1 del presente allegato IV.

Art. 20:

L'art. 5 della legge n. 880/1973 (Localizzazione degli impianti per la produzione di energia elettrica), come modificato dall'art. 21 della legge 2 agosto 1975, n. 393, è così formulato:

«Art. 5. — L'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio degli impianti termici è data dal Ministro per l'industria, il commercio e l'artigianato sentiti i Ministri per la pubblica istruzione, per la sanità e per l'ambiente e il presidente della regione interessata».

89A0019

*Direttore dell'Istituto Superiore di Sanità  
e Responsabile scientifico: Francesco Antonio Manzoli*

*Direttore responsabile: Vilma Alberani*

*Stampato dal Servizio per le attività editoriali  
dell'Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena, 299 - 00161 ROMA*

*La riproduzione parziale o totale dei Rapporti e Congressi ISTISAN  
deve essere preventivamente autorizzata.*

*Reg. Stampa - Tribunale di Roma n. 131/88 del 1° marzo 1988*

*Roma, giugno 1991 (n. 2) 2° Suppl.*