

M. Buffoli • S. Capolongo • A. Odone • C. Signorelli



Salute e Ambiente

Igiene edilizia, urbanistica e ambientale



Accedi all'ebook e ai contenuti digitali

Espandi le tue risorse

un libro che **non pesa**
e si **adatta** alle dimensioni
del **tuo lettore!**



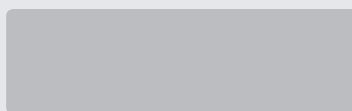
COLLEGATI AL SITO
EDISES.IT

ACCEDI AL
MATERIALE DIDATTICO

SEGUI LE
ISTRUZIONI

Utilizza il codice personale contenuto nel riquadro per registrarti al sito **edises.it**
e accedere alla **versione digitale** del testo e al **materiale didattico**.

Scopri il tuo **codice personale** grattando delicatamente la superficie



Il volume NON può essere venduto, né restituito, se il codice personale risulta visibile.
L'**accesso al materiale didattico** sarà consentito **per 18 mesi**.

Per attivare i **servizi riservati**, collegati al sito **edises.it** e segui queste semplici istruzioni

Se sei registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- inserisci email e password
- inserisci le ultime 4 cifre del codice ISBN, riportato in basso a destra sul retro di copertina
- inserisci il tuo **codice personale** per essere reindirizzato automaticamente all'area riservata

Se non sei già registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- registrati al sito o autenticali tramite facebook
- attendi l'email di conferma per perfezionare la registrazione
- torna sul sito **edises.it** e segui la procedura già descritta per *utenti registrati*

Salute e Ambiente

Igiene edilizia, urbanistica e ambientale

a cura di

Maddalena BUFFOLI

Stefano CAPOLONGO

Anna ODONE

Carlo SIGNORELLI



M. BUFFOLI, S. CAPOLONGO, A. ODONE, C. SIGNORELLI

Salute e Ambiente

Igiene edilizia, urbanistica e ambientale

Copyright © 2016, EdiSES S.r.l. - Napoli

9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
2021	2020	2019	2018	2017	2016				

Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata

A norma di legge è vietata la riproduzione, anche parziale, del presente volume o parte di esso con qualsiasi mezzo.

L'Editore

L'Editore ha effettuato quanto in suo potere per richiedere il permesso di riproduzione del materiale di cui non è titolare del copyright e resta comunque a disposizione di tutti gli eventuali aventi diritto.

Fotocomposizione e progetto grafico:

Grafic&Design – Napoli

Fotoincisione e stampa:

Petruzzi S.r.l.

Via Venturelli, 7/B

06012 Città di Castello (PG)

per conto della

EdiSES S.r.l. – Piazza Dante, 89 – Napoli

<http://www.edises.it> e-mail: info@edises.it

ISBN 978-88-7959-894-1

Autori

Maddalena BUFFOLI – *Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (ABC) - Politecnico di Milano*

Stefano CAPOLONGO – *Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (ABC) - Politecnico di Milano*

Margherita FERRANTE – *Dipartimento di Scienze Mediche, Chirurgiche e Tecnologie Avanzate "G.F. Ingrassia" - Università degli Studi di Catania*

Antonio FERRARI – *Dipartimento di Scienze Biomediche, Biotecnologiche e Traslazionali - Università degli Studi di Parma*

Marco GOLA – *Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (ABC) - Politecnico di Milano*

Dario NACHIERO – *Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (ABC) - Politecnico di Milano*

Anna ODONE – *Dipartimento di Scienze Biomediche, Biotecnologiche e Traslazionali - Università degli Studi di Parma*

Gea OLIVERI CONTI – *Dipartimento di Scienze Mediche, Chirurgiche e Tecnologie Avanzate "G.F. Ingrassia" - Università degli Studi di Catania*

Andrea REBECCHI – *Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (ABC) - Politecnico di Milano*

Matteo RICCÒ – *Dipartimento di Prevenzione - Unità Operativa di Prevenzione e Sicurezza sugli Ambienti di Lavoro, Sezione di Medicina del Lavoro - Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari della Provincia Autonoma di Trento (Trento)*

Salvatore SCIACCA – *Registro Tumori Integrato di Catania - Messina - Siracusa - Enna*

Carlo SIGNORELLI – *Dipartimento di Scienze Biomediche, Biotecnologiche e Traslazionali - Università degli Studi di Parma - Università Vita-Salute San Raffaele di Milano*

Francesca SPAGNOLI – *Dipartimento di Scienze Biomediche, Biotecnologiche e Traslazionali - Università degli Studi di Parma*

Marco VINCETI – *Sezione di Sanità Pubblica - Dipartimento di Scienze Biomediche, Metaboliche e Neuroscienze - Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia*

Sara VISCIARELLI – *Dipartimento di Scienze Biomediche, Biotecnologiche e Traslazionali - Università degli Studi di Parma*

Curatori

Maddalena BUFFOLI

Stefano CAPOLONGO

Anna ODONE

Carlo SIGNORELLI

Prefazione

Questo testo interattivo sul rapporto tra salute e ambiente nasce dall'esigenza di fornire un agile strumento didattico e di aggiornamento professionale su temi attuali, multidisciplinari e di grande interesse non solo per gli operatori del settore, ma anche per i decisori e per l'opinione pubblica.

Il desiderio di valorizzare i numerosi documenti e rapporti che vengono pubblicati annualmente sui diversi temi ambientali, avendo un filo conduttore che ricalca i programmi dei corsi universitari e post-universitari, ha portato alla decisione di rendere il testo essenziale, inserendo definizioni ed esempi e rimandando ad allegati, disponibili nell'area riservata del volume e nella versione digitale, per gli opportuni approfondimenti.

Il testo è strutturato in nove capitoli e ripercorre in chiave moderna i temi dell'igiene ambientale che hanno caratterizzato corsi universitari e precedenti opere editoriali degli stessi Autori. L'impostazione tende, tuttavia, a privilegiare gli approfondimenti sui temi strategici del rapporto salute-ambiente, con particolare riguardo alle stime dei rischi e soprattutto alle misure di prevenzione. Tra gli Autori dei capitoli ci sono medici, biologi, chimici e architetti a testimonianza dell'importanza dell'approccio multidisciplinare. Sono stati portati esempi e approfondimenti basati anche sulle personali esperienze di docenza, di ricerca, di gestione amministrativa sui temi dell'igiene e della prevenzione sanitaria, dell'epidemiologia ambientale, delle politiche ambientali e della pianificazione territoriale.

Ci auguriamo che i contenuti e la formula editoriale scelta possano essere di gradimento e di utilità per le diverse tipologie di lettori.

GLI AUTORI

Guida per la consultazione



Definizioni



Box di approfondimento

Supporti per i docenti

I docenti che utilizzano il testo a scopo didattico possono scaricare dal sito www.edises.it, previa registrazione all'area docenti, le immagini del libro in formato PowerPoint.

Indice generale

Prefazione	V
------------------	---



CAPITOLO 1

POLITICHE AMBIENTALI E TUTELA DELLA SALUTE

C. SIGNORELLI

1.1	Introduzione	2
1.2	Politiche ambientali	4
1.3	Autorizzazioni e controlli ambientali	11
1.4	Il Servizio Sanitario Nazionale e la tutela dell'ambiente	14
1.5	Rischi ambientali, salute e prevenzione	18
1.6	Nuove frontiere ambientali	19
Box 1.1	Eurobarometro 2011	3
Box 1.2	Dichiarazione di Parma (2010)	4
Box 1.3	Il Protocollo di Kyoto	5
Box 1.4	Tipologie di Conferenza di Servizi	12
Box 1.5	Venti anni (1993-2013) di controlli ambientali. La voce degli stakeholders	15
Box 1.6	Direttori Generali	17
Box 1.7	Progetto SENTIERI	20
Box 1.8	OCSE - Rapporti sulle performance ambientali – Italia 2013	21
Bibliografia		29
Sitografia		31



CAPITOLO 2

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E URBAN HEALTH

M. BUFFOLI, S. CAPOLONGO, A. REBECCHI,
F. SPAGNOLI, C. SIGNORELLI

2.1	Sviluppo sostenibile	34
2.2	Aree urbane e salute	36
2.3	Strumenti urbanistici	39
2.3.1	Pianificazione generale comunale	40
2.3.2	Piano di zonizzazione acustica	42
2.3.3	Regolamenti comunali	44
2.4	Igiene urbanistica	44
2.5	Strumenti di valutazione dei piani e dei programmi urbani	45
2.5.1	Valutazione di impatto ambientale	46
2.5.2	Valutazione ambientale strategica	47
2.5.3	Valutazione di impatto sanitario	49
2.6	Città sostenibili e sane	51
2.6.1	Verde urbano	51
2.6.2	Mobilità sostenibile	55
2.6.3	Tutela del suolo	56
2.6.4	Tutela ambientale della flora, della fauna, degli ecosistemi e del paesaggio	57
2.7	Fonti di energia rinnovabili su scala urbana	59
2.7.1	Energia idroelettrica	60
2.7.2	Energia solare: gli impianti fotovoltaici	61
2.7.3	Energia solare: gli impianti solari termodinamici	62
2.7.4	Energia eolica	63
2.7.5	Energia geotermica	64
Box 2.1	Valutazione di Impatto Ambientale (VIA): aspetti normativi	48
Box 2.2	Il Bosco Verticale	54
Box 2.3	Il problema dei roditori nelle città	56
Box 2.4	Possibili impatti di una centrale idroelettrica	61
Bibliografia	.....	67
Sitografia	.....	68



CAPITOLO 3

EPIDEMIOLOGIA AMBIENTALE E VALUTAZIONE DEL RISCHIO

C. SIGNORELLI, M. VINCETI, A. ODONE

3.1	Epidemiologia, prevenzione e Sanità Pubblica	70
3.2	Misure epidemiologiche	71
3.2.1	Aspetti di demografia e statistica sanitaria	72
3.2.2	Incidenza e prevalenza	74
3.2.3	Epidemiologia analitica e misure di rischio	75
3.3	Tipi di studi epidemiologici	76
3.3.1	Studi sperimentali	78
3.3.2	Studi osservazionali	78
3.4	Screening e monitoraggio biologico	84
3.5	Fonti di dati	88
3.5.1	Dati raccolti direttamente dal ricercatore	88
3.5.2	Flussi di dati amministrativi	89
3.6	Valutazione dell'esposizione	92
3.6.1	Determinazioni analitiche in matrici biologiche	92
3.6.2	Uso di questionari	94
3.6.3	Altre metodologie	95
3.7	Limiti degli studi in epidemiologia ambientale	97
3.7.1	Fattori di confondimento	97
3.7.2	Bias di selezione e di informazione	98
3.7.3	Random error	99
3.8	Causalità tra esposizione ed esiti	99
3.9	Metodologie di analisi dei dati in igiene ambientale	100
Box 3.1	Esempio di studio ecologico: la distribuzione spaziale del rischio di sclerosi laterale amiotrofica	80
Box 3.2	Esempio di studio trasversale	80
Box 3.3	Esempio di studio caso-controllo: studio delle malformazioni congenite associate all'esposizione materna a campi magnetici (Malagoli et al., 2012)	81
Box 3.4	Esempio di studio di coorte: studio dell'assunzione di triaometani e rischio di neoplasie	83
Box 3.5	Esempio di case report	83
Box 3.6	Esempio di screening: screening di intossicazioni subcliniche da manganese negli addetti di una fonderia (Myers et al., 2009)	85
Box 3.7	Esempi di screening utilizzati in Italia in diversi ambiti (sono indicati le patologie e i test utilizzati) ...	87

X Indice generale

Box 3.8	Il Principio di Precauzione	93
Box 3.9	Criteri di causalità di Bradford Hill	99
Bibliografia	.....	102
Sitografia	.....	102



CAPITOLO 4

INQUINAMENTI ATMOSFERICI

M. RICCÒ, C. SIGNORELLI

4.1	Introduzione e definizioni	104
4.2	Inquinamenti e inquinanti atmosferici	110
4.2.1	Particolato atmosferico	111
4.2.2	Anidride carbonica (diossido di carbonio)	114
4.2.3	Monossido di carbonio	115
4.2.4	Anidride solforosa	116
4.2.5	Ossidi di azoto	118
4.2.6	Ammoniaca	119
4.2.7	Ozono	121
4.2.8	Idrocarburi policiclici aromatici	122
4.2.9	Composti organici volatili	124
4.2.10	Diossine	124
4.2.11	Benzene	124
4.2.12	Piombo	125
4.3	Fonti di emissione	127
4.3.1	Attività industriali	128
4.3.2	Trasporti e traffico veicolare	129
4.4	Fattori climatici	136
4.5	Inquinamenti da rumori, radiazioni non ionizzanti e illuminazione	137
4.5.1	Inquinamenti acustici	137
4.5.2	Inquinamenti da radiazioni non ionizzanti	137
4.5.3	Inquinamenti luminosi	138
4.6	Clima e gas serra	139
4.7	Riscaldamento globale	143

Box 4.1	Motori a ciclo Otto e Atkinson, convenzionali e ad iniezione diretta	133
Box 4.2	Motori a ciclo Diesel	134
Bibliografia	.....	153
Sitografia	.....	156



CAPITOLO 5

AMBIENTI INDOOR

C. SIGNORELLI, M. BUFFOLI, S. CAPOLONGO,
S. VISCIARELLI, M. GOLA

5.1	Salute e ambienti indoor	158
5.2	Parametri di benessere ambientale	160
5.2.1	Benessere termoigrometrico	161
5.2.2	Ricambi d'aria	164
5.2.3	Benessere acustico	165
5.2.4	Benessere luminoso	165
5.3	Indoor air quality	166
5.4	Rischio chimico	167
5.4.1	Fumo passivo	170
5.4.2	Asbesto	173
5.5	Rischio fisico: radon	176
5.6	Rischio biologico	180
5.6.1	Allergeni	181
5.6.2	Microrganismi: la <i>Legionella</i>	182
5.7	Sick building syndrome	183
5.8	Benessere mentale e sociale	185
5.9	Normative e regolamenti locali	187
5.9.1	Regolamenti di igiene e pareri igienico-sanitari	187
5.10	Cenni di edilizia residenziale e implicazioni igienico-sanitarie	188
5.10.1	Orientamento e illuminazione dei locali	190
5.10.2	Caratteristiche dei locali	192
5.10.3	Impianti di climatizzazione	193
5.10.4	Impianti elettrici	198
5.10.5	Impianti idrosanitari	198

XII Indice generale

Box 5.1 Casa sana e sicura secondo la SItI	189
Bibliografia	199
Sitografia	200



CAPITOLO 6

ACQUA E CICLO IDRICO INTEGRATO

M. FERRANTE

6.1 Le risorse idriche	202
6.1.1 Introduzione	202
6.1.2 Sistema idrologico	204
6.2 Sfruttamento delle risorse idriche	210
6.2.1 Uso potabile	211
6.2.2 Uso terapeutico	214
6.2.3 Uso ricreativo	217
6.3 Acque potabili	223
6.3.1 Fonti di inquinamento	223
6.3.2 Caratteristiche di potabilità	224
6.3.3 Potabilizzazione	227
6.3.4 Rischi correlati all'uso di acque potabilizzate	234
6.3.5 Controlli, distribuzione e monitoraggio delle acque potabili	235
6.4 Sistemi di smaltimento delle acque reflue	235
6.4.1 Le acque reflue	235
6.4.2 La depurazione delle acque reflue	238
6.4.3 Grado di trattamento dei reflui e smaltimento correlato	240
6.4.4 Riutilizzo dei reflui	241
6.5 Ciclo idrico integrato	242
6.5.1 Gestione delle risorse idriche in Italia	242
6.5.2 Ambiti territoriali ottimali	243
6.5.3 Servizi idrici e servizio idrico integrato	244
6.5.4 Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE	244
6.5.5 Piano di tutela delle acque	245
6.5.6 Disponibilità e bilancio idrico	246
6.5.7 Direttiva 2013/39/UE	249

Box 6.1	Classificazione delle sorgenti	206
Box 6.2	Classificazione dei laghi in base alla loro origine	208
Box 6.3	Corpi idrici significativi e corpi idrici non significativi	209
Box 6.4	Tipologie di acquacoltura	212
Box 6.5	Classificazione delle acque minerali e loro uso terapeutico	215
Box 6.6	Classificazione delle acque termali	216
Box 6.7	Fioriture algali tossiche e <i>Ostreopsis ovata</i>	221
Bibliografia	.....	251
Sitografia	.....	254



CAPITOLO 7

LA GESTIONE DEI RIFIUTI SOLIDI

S. SCIACCA, G. OLIVERI CONTI

7.1	Classificazione dei rifiuti	256
7.1.1	Introduzione	256
7.1.2	Definizione di rifiuto e legislazione nazionale e comunitaria	256
7.1.3	Classificazione dei rifiuti	257
7.1.4	Competenze dei diversi livelli istituzionali	261
7.2	Politiche di gestione dei rifiuti urbani e speciali	263
7.2.1	I rifiuti nella storia: come sono cambiate la qualità dei rifiuti e la loro gestione	263
7.3	Smaltimento e impatti sulla salute	266
7.3.1	Raccolta e allontanamento	266
7.3.2	Trasporto, trattamento e smaltimento	270
7.3.3	Prevenzione e riciclaggio dei rifiuti	270
7.3.4	Compostaggio	278
7.3.5	Incenerimento	278
7.3.6	Incenerimento con recupero energetico	280
7.3.7	Pirolisi e gassificazione	282
Box 7.1	Il metodo THOR: una tecnologia italiana in via di sperimentazione sul territorio	267
Box 7.2	Un nuovo approccio al problema dei rifiuti: la teoria “Rifiuti Zero”	267
Bibliografia	.....	283



CAPITOLO 8

SICUREZZA ED EMERGENZE AMBIENTALI

C. SIGNORELLI, A. FERRARI, A. ODONE

8.1	Sicurezza negli ambienti domestici	286
8.2	Sicurezza negli ambienti di lavoro	287
8.3	Sicurezza stradale	291
8.4	Emergenze ambientali e sanitarie	293
8.4.1	Ondate di calore	293
8.4.2	Disastri ambientali	297
8.4.3	Contaminazioni dell'ambiente	309
8.4.4	Emergenze migranti	315
8.5	Reti di emergenze e urgenze sanitarie territoriali	327
Box 8.1	Sistema Informativo Nazionale sugli Infortuni in Ambienti di Civile Abitazione (SINIACA)	287
Box 8.2	Soggetti previsti dal D.Lgs 81/2008 e relativi obblighi	290
Box 8.3	Gli incidenti da bicicletta in Lombardia	292
Box 8.4	Heat Health Watch Warning System (HHWWS)	298
Box 8.5	Alcune emergenze ambientali nel mondo	29
Box 8.6	Protezione Civile	301
Box 8.7	Il rischio infettivo durante le catastrofi naturali	303
Box 8.8	Terremoto in Abruzzo del 2009	307
Box 8.9	Gestione dell'emergenza immigrazione nella Regione Sicilia	318
Box 8.10	Rischio infettivo e attività di sorveglianza	325
Box 8.11	La figura del Bed Manager	330
Box 8.12	Numero Unico di Emergenza 112: l'esperienza della Regione Lombardia	332
Bibliografia	.....	333
Sitografia	.....	334

**CAPITOLO 9****TECNOLOGIE SOSTENIBILI PER L'IGIENE EDILIZIA**

S. CAPOLOGO, M. BUFFOLI,
D. NACHIERO, F. SPAGNOLI

9.1	Impatti antropici del settore delle costruzioni	336
9.2	Architettura sostenibile	338
9.2.1	Benessere e comfort	339
9.2.2	Materiali e tecnologie da costruzione	339
9.2.3	Efficienza energetica	340
9.2.4	Impatto ambientale	341
9.3	Materiali da costruzione	343
9.3.1	Materiali e indoor air quality	343
9.3.2	Eco-compatibilità dei prodotti edilizi	344
9.3.3	Riutilizzo e riciclabilità dei materiali edili	345
9.4	Politiche di efficienza energetica e salute negli edifici	347
9.4.1	Azioni e incentivi per l'efficienza energetica	347
9.4.2	Strategie per diminuire la domanda di energia in edilizia	348
9.4.3	Energia da fonti rinnovabili e sistemi impiantistici efficienti su scala edilizia	351
9.5	Sistemi di certificazione di qualità ed efficienza degli edifici	354
Box 9.1	Edifici sostenibili: Nestlé Headquarter (Milano, Italia)	341
Box 9.2	Edifici sostenibili: Dell Children's Medical Center in Texas (USA)	342
Box 9.3	LEED (USA)	355
Box 9.4	ITACA (Italia)	356
Box 9.5	BREEAM (Regno Unito)	357
Bibliografia	.....	358
Sitografia	.....	359
	Indice analitico	361



Capitolo 3

a cura di C. Signorelli, M. Vinceti, A. Odone

EPIDEMIOLOGIA AMBIENTALE E VALUTAZIONE DEL RISCHIO

- ▲ 3.1 Epidemiologia, prevenzione e Sanità Pubblica
- ▲ 3.2 Misure epidemiologiche
- ▲ 3.3 Tipi di studi epidemiologici
- ▲ 3.4 Screening e monitoraggio biologico
- ▲ 3.5 Fonti di dati
- ▲ 3.6 Valutazione dell'esposizione
- ▲ 3.7 Limiti degli studi in epidemiologia ambientale
- ▲ 3.8 Causalità tra esposizione ed esiti
- ▲ 3.9 Metodologie di analisi dei dati in igiene ambientale

3.1 Epidemiologia, prevenzione e Sanità Pubblica

Nell'accostarsi allo studio dell'igiene ambientale risulta propedeutico descrivere alcuni concetti di epidemiologia e prevenzione utili per comprendere i determinanti del rapporto ambiente-salute. L'**epidemiologia** assume tradizionalmente un ruolo fondamentale nella valutazione dei rischi, in quanto strumento che tratta gli aspetti metodologici relativi all'esecuzione e all'interpretazione dei dati che possono identificare relazioni causali tra fattori ambientali e patologie umane, identificare effetti sanitari 'precoci' di tali esposizioni e valutare l'efficacia degli interventi preventivi. Il termine 'epidemiologia' deriva etimologicamente dai termini greci $\varepsilon\pi\iota$ – $\delta\eta\mu\omicron\varsigma$ – $\lambda\omicron\gamma\omicron\varsigma$, cioè 'studio sul popolo'; tuttavia, il suo ambito di applicazione è ormai da tempo non più genericamente 'sociologico', ma riferito esclusivamente all'ambito sanitario, cioè all'andamento degli eventi sanitari nella popolazione ed al ruolo dei fattori eziologici e dell'efficacia delle procedure di diagnosi e cura, incluse la disponibilità e la funzionalità dei servizi sanitari. È discusso se esista specificamente un'epidemiologia 'ambientale', riferita cioè ai fattori non genetici, non comportamentali, e cioè quelli 'esterni' al controllo diretto da parte del singolo individuo (tipicamente inquinamento delle matrici ambientali negli ambienti di vita e di lavoro, quali alimenti, atmosfera, acqua e suolo). Secondo alcuni autori, infatti, l'epidemiologia costituisce un corpus dottrinario e disciplinare unico, senza la necessità di introdurre in essa ulteriori suddivisioni quali epidemiologia genetica, nutrizionale, molecolare, ambientale o 'clinica', mentre secondo altri la specificità degli ambiti o delle metodologie suggerisce l'opportunità di una loro trattazione autonoma. Questo capitolo, sulla base di una condivisione sostanziale della prima impostazione, intende presentare in modo sintetico i principi metodologici fondamentali dell'epi-

demologia ambientale e la loro rilevanza nel campo della ricerca nell'interrelazione salute-ambiente e in sanità pubblica.

Obiettivo della sanità pubblica è quello di operare interventi di **prevenzione**, che può essere *primaria*, nella fase di esposizione ai fattori di rischio, e *secondaria*, ovvero di diagnosi precoce, nella fase preclinica, laddove possibile. La riabilitazione, detta anche prevenzione delle complicanze o *prevenzione terziaria*, consiste in interventi atti a rendere migliore la qualità di vita del malato e ad allungarne la sopravvivenza il più possibile.



Prevenzione primaria

La prevenzione primaria consiste nella promozione e nel mantenimento della salute attraverso interventi individuali o collettivi effettuati sulla popolazione sana. Nei confronti di patologie infettive può esplicarsi attraverso identificazione dei focolai infettivi (notifica ed accertamento diagnostico), interventi di bonifica ambientale tendenti a diminuire il rischio di contagio infettivo (disinfezione, sterilizzazione, controlli e autocontrolli di qualità di alimenti e bevande, sorveglianza sullo smaltimento dei rifiuti) nonché attraverso campagne vaccinali. Nei confronti delle patologie croniche viene attuata cercando di rimuovere i fattori di rischio implicati nello sviluppo delle diverse malattie ed adottando stili di vita favorevoli.

Prevenzione secondaria

La prevenzione secondaria è un atto di natura clinico-diagnostica e consiste nell'identificazione precoce delle malattie o di condizioni a rischio (es. precancerosi, ipercolesterolemia) seguita dall'immediato intervento terapeutico per interromperne o comunque rallentarne il decorso.

Prevenzione terziaria

La prevenzione terziaria o riabilitazione riguarda la prevenzione delle complicanze di una malattia già in atto e a decorso irreversibile. Lo scopo principale di questi interventi è pertanto quello di allungare significativamente il periodo di sopravvivenza e, soprattutto, migliorarne la qualità.

La **Sanità Pubblica** può essere definita come l'organizzazione che mobilita risorse scientifiche, tecniche, professionali ed economiche per far fronte ai problemi sanitari delle popolazioni cercando di garantire loro il migliore stato di salute e contribuendo così al progresso sociale ed economico di una Nazione. Essa presuppone quindi il coinvolgimento di diverse figure professionali:

- i responsabili politici e amministrativi per lo stanziamento delle risorse necessarie;
- gli esperti tecnici per l'identificazione dei fattori di rischio e lo studio di meccanismi per la loro rimozione;
- le autorità sanitarie, che garantiscono l'attuazione delle diverse forme di assistenza sanitaria;
- tutto il personale sanitario, che include non solo i medici ma anche le altre figure professionali dei servizi sanitari, quali biologi, farmacisti, infermieri, personale addetto alla riabilitazione, tecnici, ecc.

Poiché l'epidemiologia si occupa dello studio della distribuzione e dei determinanti di condizioni o di eventi legati alla salute in popolazioni specifiche e dell'applicazione di tale studio al controllo dei problemi di salute, non vi è dubbio sul fatto che la conoscenza dell'epidemiologia rappresenti il passaggio obbligato se si vogliono compiere scelte che portino ad un aumento del livello di salute di una collettività.

3.2 Misure epidemiologiche

L'epidemiologia ha quali scopi quelli di illustrare la frequenza e la distribuzione degli eventi sanitari e, in secondo luogo, di vagliare eventuali associazioni tra fattori di rischio e fenomeni morbosi. In questi termini si può tracciare, a grandi linee, la differenza tra *epidemiologia descrittiva*, tendente ad illustra-

re i fenomeni, ed *epidemiologia analitica*, che fa dei fattori di rischio il principale campo di studio. L'epidemiologia descrittiva richiede l'introduzione di alcuni concetti di base sulla quantificazione dei fenomeni, fondamentali per capire le più importanti misure epidemiologiche di frequenza.

La descrizione del numero di eventi soddisfa soltanto un'esigenza amministrativa di quantificazione del fenomeno, ma non risponde a quesiti propriamente epidemiologici, in quanto il solo numero dei casi non fornisce particolari informazioni se non rapportato alla dimensione della popolazione a cui questi si riferiscono, ossia ad un ben specificato denominatore. Conoscere, in termini assoluti, quanti sono i malati di una determinata malattia potrebbe essere utile, tutt'al più, per programmare le idonee strutture ospedaliere, produrre una determinata quantità di farmaco, ecc. È comunque chiaro che per presentare i dati ai fini epidemiologici occorre sempre mettere in relazione il numero di eventi (che costituisce il numeratore) con la popolazione alla quale i casi appartengono (che costituisce il denominatore).

Un *rapporto* esprime la relazione tra due quantità indipendenti tra loro. Ad esempio, tra 10 persone di cui 8 sono maschi e 2 femmine, il rapporto uomini:donne risulta essere 8:2 o più semplicemente 4.

La *proporzione* è un tipo di rapporto particolare, in cui il numeratore è sempre incluso nel denominatore ed il risultato può assumere valori da 0 a 1 o, quando viene espresso in percentuale, da 0% a 100%. Rifacendosi all'esempio di prima, la proporzione dei maschi sarebbe di $2/10$, cioè 0,2 o 20%. Si noti che la proporzione non ha alcun tipo di relazione con la variabile tempo.

Il *tasso* è una proporzione che introduce, invece, la variabile "tempo" quale sua caratteristica essenziale. Dovendo calcolare i nuovi casi di malattia in una determinata popolazione, diventa fondamentale esprimere que-

sta misura mettendola in rapporto ad un particolare periodo di tempo; è infatti molto diverso parlare di una proporzione di malati riferita ad un anno, ad un mese oppure ad una sola settimana. Si intuisce, quindi, come il tasso debba essere inteso come il numero di eventi che si sviluppano nella popolazione considerata durante un determinato periodo di tempo (indicato generalmente con t) e non come una semplice proporzione tra malati e popolazione. Il ricorso all'utilizzo dei tassi in epidemiologia, come si può ben intendere, è molto comune, data l'esigenza di riportare la proporzione di eventi a determinati spazi di tempo. Gli intervalli di osservazione, salvo rare eccezioni, si riferiscono ad un anno solare; in tal modo è possibile effettuare paragoni tra dati rilevati in differenti periodi e diverse realtà.

▲ 3.2.1 Aspetti di demografia e statistica sanitaria

Parlando di igiene dell'ambiente e del territorio assume una grande importanza la conoscenza delle tipologie e delle dinamiche delle popolazioni, in quanto gli effetti ambientali dipendono anche dalle caratteristiche e dalla composizione del substrato preso in considerazione. In quest'ottica appare quanto mai opportuno l'accenno ad alcuni elementi basilari di una disciplina, la demografia, che fa dell'analisi delle caratteristiche delle popolazioni il principale oggetto di studio e ricerca.

La valutazione complessiva dello *stato di salute di una popolazione* implica la valutazione attenta di tutte le sue caratteristiche intrinseche, che comprendono la distribuzione per sesso ed età, gli indici di natalità e mortalità, la frequenza delle malattie, le condizioni ambientali di vita come clima, livello igienico-sanitario, alimentazione ed altre abitudini di vita. La **demografia** è la disciplina che studia dal punto di vista scientifico le popolazio-

ni, con particolare riferimento a numerosità, densità, crescita, distribuzione per età, migrazioni, statistiche di vita (nascite, matrimoni, divorzi, morti) e agli effetti che tutti questi fattori hanno sulle condizioni economiche e sociali. Essa è una disciplina che deve necessariamente integrare nozioni di medicina, statistica, geografia, epidemiologia, biologia e sociologia.

Esistono tre fattori importanti che regolano la *numerosità* di una popolazione di una determinata area: la mortalità, la natalità e le migrazioni. Lasciando da parte il fenomeno delle migrazioni, evidenti solo in alcuni Paesi e praticamente irrilevanti in altri, bisogna considerare come sesso e, soprattutto, età definiscano le più importanti caratteristiche di una popolazione, in quanto il rischio di nascere e morire è largamente influenzato da questi due fattori. Basti considerare come la mortalità aumenti proporzionalmente all'età e sia maggiore nel sesso maschile rispetto a quello femminile e la maggior presenza in un Paese di classi d'età giovani sia un fattore favorente lo sviluppo della fertilità. Capita spesso, quindi, che Paesi con alta mortalità ed alta fertilità abbiano tendenzialmente una struttura per età "giovane", con una vasta quota di bambini e poche persone anziane e, viceversa, Paesi con bassa fertilità e bassa mortalità tendano ad avere una distribuzione per età al loro interno più "uniforme" (**Figura 3.1**).

I due più importanti parametri di una popolazione vengono misurati, rispettivamente, con i **tassi di natalità e mortalità**:

$$\text{TASSO DI NATALITÀ} = \frac{\text{Numero di nati vivi in un anno}}{\text{Popolazione totale a metà anno}} \times 1000$$

$$\text{TASSO DI MORTALITÀ} = \frac{\text{Numero di morti in un anno}}{\text{Popolazione totale a metà anno}} \times 1000$$

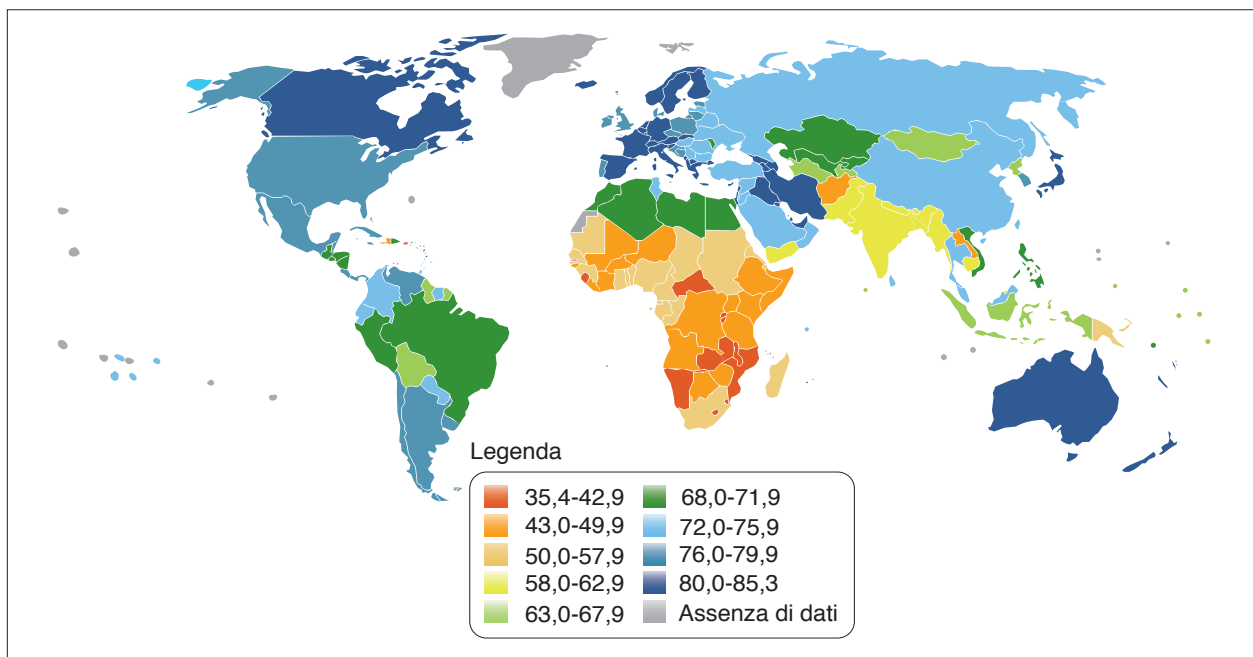


FIGURA 3.1 Speranza di vita alla nascita per Paese (WHO 2014).

I tassi di natalità e mortalità prendono in considerazione al numeratore, rispettivamente, numero di nati vivi e numero di morti in un anno solare, mentre per entrambi il denominatore è costituito dalla popolazione totale, calcolata a metà del periodo di osservazione (e cioè al 30 Giugno di ciascun anno) per tenere in debito conto eventuali incrementi o decrementi demografici. Per rendere il risultato facilmente interpretabile, esso viene moltiplicato per una costante, che in questo caso è 1000, ma potrebbe anche essere 100, 10.000, 100.000, ecc. a seconda del contesto.

Particolare attenzione merita il tasso di mortalità; esso viene definito *tasso grezzo di mortalità* quando si riferisce indistintamente a tutta la popolazione. Nei Paesi industrializzati il numero dei morti in un particolare anno viene ricavato dalle schede di decesso (compilate obbligatoriamente dai medici che constatano il decesso con indicazione della causa di morte) e la popolazione totale dall'ultimo censimento o da stime ricavate da quest'ultima fonte. Il tasso grezzo di mor-

talità è naturalmente più elevato in popolazioni dove prevalgono classi d'età più anziane (dove naturalmente la probabilità di morte è maggiore) e più basso dove sono largamente rappresentate fasce d'età giovani. Nell'ultimo mezzo secolo, in Italia, le migliorate condizioni di salute hanno determinato una diminuzione del numero delle morti a tutte le età; il tasso grezzo di mortalità è però rimasto più o meno costante, perché contemporaneamente la popolazione è invecchiata, è cioè composta da un maggior numero di persone più a rischio di morire in quanto appartenenti a fasce d'età più anziane.

Si è quindi visto come il tasso grezzo non tenga conto delle caratteristiche delle popolazioni in ordine ad età, sesso ed altre variabili. I tassi specifici si possono invece riferire, ad esempio, ad una specifica fascia d'età, ad una razza o anche ad una causa di morte o a gruppi di cause. Essi servono a dare una precisa idea della distribuzione del fenomeno. La mortalità globale fa registrare solitamente una distribuzione con un numero relativamente alto di decessi nei primis-

simi periodi di vita (dovuto sostanzialmente a cause perinatali), un successivo calo ed un conseguente aumento a partire dal decennio 30-40 anni.

Tuttavia, il procedimento che consente di effettuare i più efficaci paragoni tra tassi tenendo conto delle diversità nella struttura delle popolazioni è noto col nome di *standardizzazione dei tassi*, metodo che considera la mortalità all'interno delle specifiche fasce d'età, onde avere alla fine una misura che permetta un paragone globale.

Un altro importante parametro che consente ancor più di natalità e mortalità di valutare il livello igienico-sanitario di una popolazione è il **tasso di mortalità infantile**.

$$\text{TASSO DI MORTALITÀ INFANTILE} = \frac{\text{Numero annuale di morti nel primo anno di vita}}{\text{Numero di nati vivi in quell'anno}} \times 1000$$

La frequenza delle morti nel primo anno è proporzionale alla diffusione delle malattie infettive (soprattutto gastroenteriti virali e malattie dell'apparato respiratorio) e, conseguentemente, alla situazione di degrado ambientale e di carenze igieniche. I bambini, il cui sistema immunitario non è ancora ben sviluppato ed in grado di reagire a tutti gli insulti esterni, subiscono le estreme conseguenze dell'ambiente circostante, contribuendo largamente ad una drastica riduzione della vita media di quella popolazione.

La tendenza mondiale è quella di una generale riduzione della mortalità infantile, anche se alcuni Paesi non industrializzati (es. africani ed asiatici) mostrano valori ancora superiori a 100/1000. In Italia, il tasso di mortalità infantile è sceso al di sotto della soglia del 7 per 1000 nati vivi ed è uno dei più bassi del mondo. Il tasso più basso in assoluto nel mondo appartiene al Giappone, con soli 5 bambini morti nel primo anno di vita su 1000 nati vivi.

▲ 3.2.2 Incidenza e prevalenza

In aggiunta agli indici demografici esaminati nel paragrafo precedente, le due più importanti misure di frequenza degli eventi in epidemiologia sono l'*incidenza* e la *prevalenza*. Queste misure sono generalmente riferite a malattie o comunque a forme morbose, ma possono essere applicate ad altri attributi particolari dell'individuo, come la presenza o meno di un fattore di rischio.

Si può fin d'ora notare come le due misure (incidenza e prevalenza) rappresentino differenti approcci e si adattino a situazioni diverse: calcolare la **prevalenza** è utile quando si vuole quantificare l'entità di una malattia o di un altro fenomeno presente in un determinato istante o periodo; è perciò una misura statica e non è adatta per valutare la situazione epidemiologica globale di una malattia in quanto è poco stabile, risentendo di forti oscillazioni, soprattutto per malattie a rapida guarigione o ad andamento epidemico. L'**incidenza**, calcolata quasi sempre su base annuale, è un'immagine più realistica dell'entità del fenomeno in studio, tanto che il monitoraggio di tutte le malattie avviene proprio mediante l'osservazione dei tassi di incidenza nei vari anni. Tuttavia, per avere un quadro preciso della situazione epidemiologica di una malattia occorre calcolare sia l'incidenza che la prevalenza e quest'ultima, possibilmente, in più occasioni nel tempo. In una patologia cronico-degenerativa irreversibile, l'aumento della prevalenza, senza corrispondente incremento dell'incidenza, indica un miglioramento della prognosi e quindi della durata media della malattia; il fatto può essere attribuito al miglioramento dei sussidi terapeutici o della qualità dei Servizi Sanitari deputati all'assistenza del malato. Appare comunque evidente che gli sforzi della medicina preventiva devono essere volti essenzialmente alla riduzione dei tassi di incidenza.



Prevalenza

La prevalenza di una malattia può essere definita come il rapporto tra numero di casi e numero dei componenti la popolazione considerata in un determinato istante. È pertanto come un'immagine fotografica della popolazione al momento del rilievo. Trattandosi di una proporzione (anche se molte volte si parla erroneamente di "tasso di prevalenza"), il suo valore può essere compreso tra 0 (nessun caso nella popolazione) e 1 (tutti malati in quel momento), ovvero tra 0% e 100%.

$$\text{PREVALENZA} = \frac{\text{Casi di malattia esistenti nel tempo } t_1}{\text{Popolazione a rischio}} \times K \text{ (gen. 100.000 individui)}$$

Incidenza

Il tasso di incidenza parte invece da un concetto completamente diverso: esso considera il numero di nuovi eventi in una popolazione in un determinato periodo di tempo (generalmente, per le malattie, la base è annua). Il numeratore è costituito dal numero di nuovi eventi insorti in un determinato periodo t ed il denominatore dal numero di soggetti a rischio, cioè suscettibili di ammalarsi, nella popolazione considerata (e non quelli già ammalati al momento dell'inizio del periodo di osservazione, che dovranno pertanto essere esclusi dallo studio). Il risultato può essere moltiplicato per una costante (indicata con K) che, a seconda dei casi, può essere 100, 1000, 10.000, ecc.

$$\text{INCIDENZA} = \frac{\text{Nuovi casi di malattia nel tempo } t}{\text{Popolazione a rischio}} \times K \text{ (gen. 100.000 individui)}$$

3.2.3 Epidemiologia analitica e misure di rischio

Fino a questo momento sono state prese in considerazione misure descrittive di fenomeni, cioè indici che individuano sostanzialmente l'andamento nel tempo e ci consentono di fare paragoni tra diverse realtà. Come è stato illustrato parlando della storia naturale delle malattie croniche, l'altro settore in cui l'epidemiologia trova oggi vasti campi di applicazione è l'analisi della possibile associazione tra supposti fattori di rischio e malattie.

MISURE DI RISCHIO

Consideriamo un caso semplice in cui due gruppi di soggetti, inizialmente sani, vengono seguiti per un determinato periodo di tempo. Un gruppo risulta esposto ad un fattore di ri-

schio sospetto, l'altro no. Ritroveremo quindi al termine del periodo di osservazione quattro categorie di soggetti: malati esposti al fattore di rischio considerato, malati non esposti, non malati esposti e non malati non esposti. Per comprendere meglio il problema è utile ricorrere ad una *tabella di contingenza* a doppia entrata, detta anche tabella 2×2:

	Malato (M+)	Non malato (M-)	Totale
Esposto (Exp+)	A	B	A+B
Non Esposto (Exp-)	C	D	C+D

Focalizzando l'attenzione sul fattore di rischio, il più semplice dato ricavabile è l'incidenza della malattia tra gli esposti al fattore, ossia la proporzione di soggetti che durante il

periodo di osservazione sviluppa la malattia ($A/A+B$). L'incidenza negli esposti non fornisce tuttavia alcuna informazione su quanto quel fattore di rischio influisca realmente sullo sviluppo della malattia, poiché l'incidenza potrebbe essere uguale anche in coloro che non risultano esposti; per ottenere questa informazione deve essere considerata anche l'incidenza nei non esposti ($C/C+D$). Il rapporto tra l'incidenza negli esposti e quella nei non esposti allo stesso fattore di rischio è definito **rischio relativo (RR)** e rappresenta l'eccedenza di rischio degli esposti rispetto ai non esposti. È dato quindi da questo rapporto:

$$RR = \frac{I_{Exp+}}{I_{Exp-}}$$

e, facendo riferimento alla tabella 2×2:

$$RR = \frac{A/(A+B)}{C/(C+D)}$$

Rischio relativo

$$\text{RISCHIO RELATIVO} = \frac{\text{Incidenza negli esposti ad un fattore di rischio}}{\text{Incidenza nei non esposti}}$$

Il RR costituisce una misura della forza dell'associazione tra fattore di rischio e malattia e dovrebbe risultare pari a 1 (o un valore molto vicino, considerando la fluttuazione dovuta al caso) se il fattore considerato non ha influenza nello sviluppo della malattia. Risulta invece tanto più elevato quanto più l'esposizione è associata alla malattia (vedi l'esempio successivo e quello tra asma bronchiale e semi di soia riportato negli studi trasversali per una interpretazione del rischio relativo). Se il RR ha un valore inferiore a 1, il fattore considerato esplica un'azione protettiva nei confronti dell'insorgenza della malattia. Si possono poi calcolare i Limiti di Confi-

denza, che danno una misura della precisione del rischio relativo (vedi ancora l'esempio tra asma bronchiale e semi di soia riportato negli studi trasversali).

Un'altra misura epidemiologica utilizzata frequentemente è il **rischio attribuibile individuale (RA)**. Esso rappresenta la quantità di rischio supplementare attribuibile al fattore di rischio considerato, ossia la quota di malati che eviterebbero la malattia se fosse completamente rimosso il fattore di rischio. È dato dalla differenza tra incidenza negli esposti ed incidenza nei non esposti.

$$RA = (I_{Exp+}) - (I_{Exp-})$$

3.3 Tipi di studi epidemiologici

Tutte le nozioni di statistica, demografia ed epidemiologia generale esposte precedentemente trovano la loro naturale applicazione pratica nello svolgimento dell'indagine epidemiologica e nella conseguente pubblicazione dei risultati. Si prenderanno in considerazione dapprima i diversi tipi di studi epidemiologici e, successivamente, si cercherà di sottolineare quali siano i punti più importanti da tenere in considerazione allorché si pianifichi il disegno di uno studio epidemiologico.

Una delle più accreditate classificazioni distingue gli studi epidemiologici in *sperimentali* e *non sperimentali* o *osservazionali*. La differenza fondamentale nasce dal fatto che negli **studi sperimentali** lo sperimentatore compie interventi diretti, manipola cioè le condizioni della ricerca, applicando strategie terapeutiche o preventive a due o più gruppi di soggetti; queste indagini trovano limitata utilizzazione in campo umano, soprattutto per problemi etici; gli epidemiologi devono perciò ricorrere, nella grande maggioranza dei casi, agli **studi non sperimentali od osservazionali**, in cui il ricercatore si limita ad osservare l'andamento dei fenomeni per poter trarre conclusioni che, pur non essendo esaustive come quelle dedotte da uno stu-

dio sperimentale, possono egualmente fornire risultati utili ed interessanti.

Nell'ambito degli studi osservazionali, un'ulteriore differenziazione viene fatta tra gli *studi ecologici* (detti un tempo descrittivi), che si basano sull'utilizzo delle statistiche correnti e considerano generalmente intere popolazioni, e gli *studi analitici*, in cui, accanto alla quantificazione di un fenomeno, appaiono generalmente elementi ricavati da anamnesi, esami di laboratorio o interviste. Nell'ambito di questo gruppo di studi, che sono quelli maggiormente utilizzati nella pratica, si ri-

conoscono: gli *studi trasversali* (o di prevalenza), consistenti nell'esame di campioni di popolazione per valutare singoli fenomeni senza indagare in modo specifico su condizioni associate; gli *studi caso-controllo* (da qualche autore definiti retrospettivi), in cui vengono selezionati due gruppi, uno di malati e uno di non malati, allo scopo di vagliare eventuali possibilità eziologiche; gli *studi longitudinali* (detti anche di coorte), in cui la popolazione considerata viene seguita per un determinato periodo di tempo ("follow up"). La **Tabella 3.1** riassume i vari tipi di studi epidemiologici.

TABELLA 3.1 Classificazione e caratteristiche dei diversi studi epidemiologici.

	Tipo di studio	Sinonimi e definizione anglosassone	Caratteristiche
Studi osservazionali	Descrizione di casi o serie di casi	Case report	Osservazioni non sistematiche relative a un numero limitato di soggetti
	Analisi di statistiche correnti	Descrittivi	Raccolta e analisi di statistiche disponibili su mortalità, morbosità e fenomeni sanitari connessi
	Ecologici	Di correlazione, ecological	Analisi dei dati sanitari in relazione a variabili temporali, geografiche, individuali
	Trasversali	Di prevalenza, cross-sectional	Indagini istantanee riguardo a fenomeni sanitari (malattie, fattori di rischio, bisogni sanitari) nella popolazione o in un campione di essa
	Caso-controllo	Case-control	Selezione di soggetti malati (casi) e non malati (controlli) nei quali viene valutata l'esposizione a uno o più fattori di rischio
	Di coorte	Longitudinali, di incidenza, cohort	Selezione di soggetti sani esposti e non esposti a un fattore di rischio seguiti nel tempo per valutare l'incidenza o la mortalità nei due gruppi
Studi sperimentali	Sperimentazioni cliniche	Clinical trial	Valutazione di interventi terapeutici in uno o più gruppi di pazienti (es. sperimentazioni cliniche di farmaci)
	Sperimentazione sul campo	Field trial	Valutazione di interventi di prevenzione primaria in uno o più gruppi di soggetti sani (es. vaccini, antibiotico-profilassi, chemioterapia preventiva)
	Intervento comunitario	Community trial	Valutazione di interventi preventivi su intere comunità (es. campagne educative, rimozione di fattori di rischio ambientale)

Rimandando a testi specializzati di epidemiologia la descrizione particolareggiata dei vari studi, cercheremo in questa sede di tracciarne le linee principali, focalizzando l'attenzione su quelli che trovano maggiori possibilità di applicazione nel settore sempre più in espansione dell'epidemiologia ambientale.

▲ 3.3.1 Studi sperimentali

Gli **studi sperimentali** consistono in indagini che prevedono la modificazione volontaria del tipo di esposizione da parte del ricercatore in una parte della popolazione presa in esame, sia essa consistente nell'assunzione di un farmaco, nella modifica dello stile di vita o della dieta o in qualsivoglia altra alterazione volontaria di fattori ambientali e comportamentali indotta dal ricercatore. Tale modificazione deve essere indotta nei confronti di una parte della popolazione esaminata, sottoposta appunto al cosiddetto *trattamento sperimentale*, mentre il gruppo cosiddetto *di controllo* non subisce alcun trattamento o, in alternativa, viene sottoposto ad altre tipologie di trattamento. Tradizionalmente, gli studi sperimentali vengono suddivisi in studi per così dire 'individuali' (o i ben noti *clinical trials* in ambito clinico o i cosiddetti *field trials* in gruppi di popolazione) o in interventi di popolazione su gruppi di una certa numerosità o vere e proprie comunità (*community intervention trials*). Queste ultime tipologie di studio sono spesso utilizzate per verificare efficacia e sicurezza delle vaccinazioni o di altri interventi di sanità pubblica, ma sono state utilizzate in riferimento ad altre problematiche di igiene ambientale, quali ad esempio l'efficacia su larga scala di programmi di fluorazione delle acque destinate al consumo umano.

Gli studi sperimentali sono tradizionalmente poco rappresentati in epidemiologia ambientale, ambito nel quale vengono spesso presi in esame fattori di interesse tossicologico

relativamente ai quali, per evidenti motivazioni etiche, non è possibile od opportuno effettuare indagini sperimentali, che sottoporrebbero gli individui ad esposizioni pericolose sotto il profilo sanitario. Vi sono tuttavia alcune eccezioni: ad esempio, sono stati effettuati studi sperimentali su volontari sottoposti a esposizioni acute a contaminanti atmosferici non cancerogeni, al fine di valutare variazioni acute immediate in parametri di interesse sanitario (ad esempio di funzionalità respiratoria) a seguito di tali esposizioni. In questo caso, tuttavia, rimangono fondamentali aspetti etico-deontologici della ricerca, la necessità cioè di evitare in modo tassativo rischi di rilievo (quali quelli cancerogeni o più in generale di tipo permanente o invalidante) a carico dei partecipanti agli studi. È del tutto evidente come studi di questo tipo a disegno sperimentale debbano essere preliminarmente sottoposti all'approvazione dei Comitati Etici competenti, garantendo un'adeguata informazione delle caratteristiche del protocollo sperimentale ai partecipanti all'indagine.

▲ 3.3.2 Studi osservazionali

Gli **studi epidemiologici non sperimentali**, cioè *osservazionali*, rappresentano di gran lunga la più comune tipologia di disegno nello studio del rapporto tra ambiente e salute, per motivazioni non solo e non tanto organizzative ed economiche, ma soprattutto per motivi etici, in quanto riferiti nella maggior parte dei casi a fattori ambientali di rischio di tipo chimico-fisico e biologico dotati di potenziale o di certo rilievo tossicologico. Classicamente, gli studi osservazionali vengono suddivisi in (Tabella 3.1):

- studi non individuali o aggregati, generalmente definiti 'ecologici';
- studi individuali, a loro volta classificati in studi trasversali o cross-sectional, caso-controllo e di coorte.

A tali tipologie di studio possono essere aggiunte due specifiche tipologie:

- i case report;
- gli esperimenti naturali.

In realtà, numerose sono le tassonomie proposte e adottate, sulla base di diversi autori e tradizioni anche autorevoli, per la classificazione degli studi epidemiologici (studi descrittivi ed analitici, studi che generano ipotesi o che le confermano, ecc.) o per i sinonimi frequentemente utilizzati (ad esempio, studi di correlazione o descrittivi o di cluster utilizzati al posto di studi ecologici), ma la classificazione sopra citata può sintetizzare in modo esauriente l'intero spettro di studi epidemiologici.

STUDI ECOLOGICI

Gli **studi ecologici** sono caratterizzati da indagini effettuate su gruppi di individui, cioè su specifiche popolazioni o sottopopolazioni differenziate sulla base del periodo o dell'ambito spaziale di osservazione, onde individuare variazioni nel tempo e nello spazio di indicatori di interesse epidemiologico indicativi del rischio per specifiche patologie. Nonostante le critiche cui sono stati frequentemente sottoposti questi studi, la loro importanza in epidemiologia e igiene ambientale è notevole: possono essere condotti con relativa rapidità e una ridotta disponibilità di risorse, permettendo frequentemente l'individuazione di situazioni di potenziale interesse sanitario suscettibili di ulteriori indagini più approfondite attraverso indagini di tipo 'individuale' (cioè mediante l'esecuzione di studi di coorte e caso-controllo). Il limite più serio di questi studi, specie quando vengono condotti prendendo in esame popolazioni di elevate dimensioni o tendenze temporali prolungate, è la loro difficoltà nell'identificare in modo affidabile i fattori di rischio delle patologie, essenzialmente per la loro scarsa o nulla possibilità di acquisire specifiche informazioni sulle esposizio-

ni degli individui effettivamente interessati dagli eventi sanitari. Ciò, tuttavia, non riduce l'importanza di condurre, specie in via preliminare, questa tipologia d'indagine e di considerare con attenzione i risultati di tali studi, intraprendendo ulteriori indagini su base individuale qualora essi generino risultati di interesse. È infine opportuno osservare come il diffondersi di studi ecologici su larga scala caratterizzati da unità spaziali di osservazione di dimensioni assai ridotte (i cosiddetti *small-area studies*, quali quelli realizzati dalla famosa Small Area Health Statistics Unit del Department of Epidemiology and Public Health dell'Imperial College London di Londra) ponga ormai delicate problematiche di ordine tassonomico, poiché l'adozione di unità spaziali di osservazione così limitate consente di fatto l'attribuzione di dati espositivi relativamente precisi ai singoli componenti di queste unità, avvicinando quindi tali indagini ecologiche a quelle di coorte, sino ad impedire la tradizionale distinzione tra questi due disegni (**Box 3.1**).

STUDI TRASVERSALI (CROSS-SECTIONAL)

Gli **studi trasversali** o **cross-sectional** rappresentano una tipologia di studio relativamente frequente in epidemiologia ambientale, la quale, pur appartenendo agli studi di tipo individuale, fornisce generalmente informazioni di minore attendibilità rispetto agli altri studi di tipo individuale, quelli caso-controllo e di coorte. Questo tipo d'indagine prevede il reclutamento di un gruppo o popolazione nel quale viene esaminata la distribuzione di esposizioni pregresse o in corso di possibile interesse eziologico, associando tale distribuzione alle condizioni di salute osservate nel momento in cui viene condotta l'indagine. Lo studio consente, pertanto, di suggerire eventuali associazioni tra esposizioni pregresse o attuali e condizioni di interesse sanitario, anche se la natura 'trasversale', cioè sincronica, del disegno non consente,

BOX 3.1**Esempio di studio ecologico: la distribuzione spaziale del rischio di sclerosi laterale amiotrofica**

Uno studio condotto da Uccelli et al. in Italia in riferimento al periodo 1980-2001 ha preso in esame l'incidenza di sclerosi laterale amiotrofica (SLA), gravissima patologia neurodegenerativa ad eziologia ignota, in tutti i Comuni italiani mediante il calcolo dei tassi standardizzati di mortalità sulla base dei certificati di decesso per malattia del neurone motore (causa di morte con codice 335.2, quasi sempre coincidente con la SLA) di fonte ISTAT. Tale analisi ha permesso di identificare, tra gli 8099 Comuni presi in esame, 132 caratterizzati da una mortalità per SLA particolarmente elevata e numerosità non irrilevante di decessi per questa patologia (cioè pari o superiore a 3). Gli autori di questa indagine hanno poi identificato 16 aree nell'intero territorio nazionale, tendenzialmente più ampie dei singoli territori municipali e formate da aggregati degli stessi, caratterizzate da tassi di mortalità per SLA particolarmente elevati. La conclusione degli autori di questo studio è stata, correttamente, che il territorio nazionale è caratterizzato da Comuni o loro aggregati a maggiore incidenza di SLA rispetto al rimanente territorio nazionale, definibili in qualche modo (nonostante le elevate dimensioni in molti casi) come cluster della patologia. Nei confronti di questa patologia, infatti, l'uso dei tassi di mortalità tende a stimare in modo adeguato i tassi di incidenza (a causa della letalità della patologia e del suo rapido decorso clinico) e i decessi per malattia del neurone motore sono quasi integralmente rappresentati da decessi per SLA. I risultati di questa indagine sono stati correttamente interpretati come indicativi di 'addensamenti' spaziali dei casi di SLA di possibile interesse eziologico, fatta salva la correttezza della codifica della causa di morte nei certificati ISTAT, suggerendo pertanto l'opportunità di condurre studi ulteriori caso-controllo in queste aree ad elevata incidenza al fine di identificare possibili fattori ambientali di rischio della patologia.

BOX 3.2**Esempio di studio trasversale**

Madeddu et al. hanno effettuato uno studio sui determinanti dei livelli ematici di un metallo pesante, il cadmio, in un gruppo di residenti nella provincia di Sassari nel 2006, prendendo in esame l'influenza esercitata dal consumo di numerosi alimenti, dall'introduzione di nutrienti, dal fumo, dall'età, dal sesso, dalla residenza e dal BMI. Il campionamento è stato effettuato procedendo alla selezione di 243 residenti nella zona oggetto di indagine, acquisendo diverse informazioni anamnestiche e dietetiche mediante la somministrazione di un questionario ed infine procedendo al prelievo di sangue venoso per la determinazione delle concentrazioni di cadmio. I risultati ottenuti hanno evidenziato come fattori come il fumo, il consumo di frattaglie, il body mass index e l'età fossero fortemente associati ai livelli ematici di cadmio in modo diretto (con la sola eccezione del BMI, correlato in modo inverso), suggerendo quindi l'importanza di questi fattori nell'indurre un incremento dei livelli espositivi a questo contaminante di così rilevante importanza sotto il profilo tossicologico.

se non in modo limitato, di individuare o anche solo suggerire relazioni attendibili di tipo causale. Gli studi trasversali non sono inoltre adatti per esaminare patologie rare o poco frequenti, a meno di non procedere al reclutamento di popolazioni di dimensioni particolarmente elevate, con conseguente notevole impegno di risorse, e ciò spiega l'usuale preferenza accordata agli studi caso-controllo per tali finalità (**Box 3.2**).

STUDI CASO-CONTROLLO

Gli **studi caso-controllo** rappresentano una delle tipologie d'indagine più frequentemente adottate in epidemiologia ambientale, grazie ad alcuni rilevanti vantaggi sul piano metodologico. Queste indagini sono caratterizzate dal reclutamento di soggetti affetti dalla patologia in esame (casi) e di soggetti non af-

M. Buffoli • S. Capolongo • A. Odone • C. Signorelli

Salute e Ambiente

Igiene edilizia, urbanistica e ambientale

Accedi all'ebook e ai
contenuti digitali

» Espandi le tue risorse

» con un libro che **non pesa** e si **adatta**
alle dimensioni del tuo **lettore**



All'interno del volume il **codice personale** e le istruzioni per accedere alla versione **ebook** del testo e agli ulteriori servizi.
L'accesso alle risorse digitali è **gratuito** ma limitato a **18 mesi dalla attivazione del servizio**.

