



Observatoire régional d'épidémiologie et des politiques sociales

Osservatorio Regionale Epidemiologico e per le Politiche Sociali

SALUTE ed AMBIENTE

<i>L'approfondimento</i>	Traffico pesante ed effetti sulla salute. Il caso della Valdigne

Curatori del volume: Patrizia Vittori ¹, Moreno Demaria ³, Ennio Cadum ³

Hanno collaborato: Lorena Charrier ⁴, Manuela Zublena ², Giovanni Agnesod ²

Impostazione editoriale: Rosaria Foggetti ⁵

Si ringrazia inoltre la dr.ssa Claudia Galassi del Servizio di Epidemiologia dei Tumori dell'Azienda Ospedaliera San Giovanni Battista - CPO Piemonte, per l'importante contributo dato a questo quaderno in termini di conoscenza e di esperienza, oltre che per la sua disponibilità e cortesia.

-
- 1: Osservatorio Regionale Epidemiologico e per le Politiche Sociali - Assessorato Sanità, Salute e Politiche Sociali – Regione Autonoma Valle d'Aosta
 - 2: Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) - Valle d'Aosta
 - 3: Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) - Piemonte
 - 4: Università degli studi di Torino – Dipartimento di Igiene e Sanità Pubblica
 - 5: Servizio di Epidemiologia – ASL 5

Presentazione

Lo spunto per la realizzazione di un Quaderno di Epidemiologia ambientale a cura dell'Osservatorio Regionale Epidemiologico e per le Politiche Sociali è nato nel 2002 quando, al termine del periodo di chiusura del Tunnel del Monte Bianco conseguente il tragico rogo del 24 marzo 1999 in cui persero la vita 39 persone, se ne è decisa la riapertura vincolando, con un limite massimo giornaliero il numero di passaggi dei mezzi pesanti.

Da allora l'evento ha inevitabilmente riaperto il complesso dibattito tra la popolazione, gli ambientalisti, i politici ed i tecnici, sugli effetti prodotti dal traffico pesante sullo stato di salute dei cittadini residenti soprattutto nella comunità montana della Valdigne Mont-Blanc.

E' stato proprio nel corso di questo dibattito, condotto sia all'interno di organismi istituzionali appositamente costituiti, sia in momenti di incontro con la popolazione, che si è avvertita la necessità di disporre di un patrimonio di conoscenze comuni derivanti da evidenze scientifiche su cui poter fondare un impegno ed un lavoro insieme per la sicurezza e la tutela della salute regionale.

Un patrimonio comune di conoscenze condivise e validate dalla letteratura internazionale è infatti per noi l'unico terreno sul quale avviare una politica concertata e seria, fatta di azioni di dimostrata efficacia, nei riguardi di un tema delicato, non solo per la salute della popolazione, ma anche per gli equilibri economici e sociali dei territori interessati.

A consolidare la volontà di questo impegno, il Piano Regionale per la Salute ed il Benessere sociale della Valle d'Aosta 2006-2008 prevede, tra gli altri, un obiettivo specifico (il n. 2) concernente una proposta, formulata dall'assessorato competente in materia di sanità e salute, per l'istituzionalizzazione di una rete regionale di competenze in materia di epidemiologia ambientale.

Nella realizzazione di questo impianto di lavoro in rete parteciperanno, anche se in forma indiretta, le numerose associazioni attive nella tutela della salute e dell'ambiente, al fine di dare trasparenza ed oggettività ad un percorso utile a sostenere in forma concreta e responsabile le scelte della programmazione regionale.

Lo sviluppo in ambito locale di una disciplina di settore come l'epidemiologia ambientale richiede infatti tempo, impegno, convinzione, competenza e conoscenza perché molti sono i soggetti di diversa estrazione chiamati ad esprimersi, sia sotto il profilo tecnico, sia sotto il profilo politico.

L'obiettivo ambizioso del futuro è quello di sapere valutare e quantificare, con il più alto livello di confidenza, l'effetto delle esposizioni ad agenti ambientali di diversa natura, analizzando, con apposite metodologie di studio, la frequenza e la distribuzione delle malattie e delle cause di morte ad esse eventualmente associabili.

Questo quaderno iniziale testimonia la nostra volontà a creare un modello di lavoro e di studi collaborativo e in rete con tutte le componenti regionali del sistema.

Ci aspettiamo che questo slancio, proprio perché impegnativo nell'essere sostenuto con risorse e mezzi, venga recepito da tutti con la medesima nostra determinazione, convinti, come siamo, che questo ulteriore tassello conoscitivo e di competenze locali produrrà un ulteriore valore aggiunto al benessere ed allo sviluppo della nostra regione.

La salute ed il benessere delle persone, al pari della salvaguardia di un territorio percepito come valore unico ed irrinunciabile, non possono essere intese come priorità politiche disgiunte.

L'ASSESSORE

Antonio Fosson

INDICE

1. INTRODUZIONE	7
2. IL QUADRO EUROPEO.....	12
3. LE INIZIATIVE NAZIONALI.....	15
4. I MODELLI PER LA PROTEZIONE AMBIENTALE	19
5. GLI STUDI DI EPIDEMIOLOGIA AMBIENTALE.....	23
6. LA VALUTAZIONE DI IMPATTO E LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO	30
6.1. La valutazione di impatto sulla salute.....	30
6.2. La valutazione del rischio sanitario.....	31
7. I SISTEMI INFORMATIVI PER LO STUDIO DELLA RELAZIONE TRA AMBIENTE E SALUTE	34
7.1. I fattori di pressione sull'ambiente e gli indicatori di stato dell'ambiente	34
7.2. Gli indicatori ambientali.....	38
7.3. I sistemi informativi sanitari	42
7.4. L'integrazione dei sistemi informativi.....	45
<i>L'APPROFONDIMENTO: Traffico pesante ed effetti sulla salute. Il caso della Valdigne</i>	
8. IMPATTO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO SULLA SALUTE	53
8.1. Valutazione del rischio sanitario in quattro comuni della Valdigne	53
8.2. Variazioni di inquinanti ed effetti rilevati sulla salute: la chiusura del tunnel del Monte Bianco	61
APPENDICE.....	83
GLOSSARIO	91

1. INTRODUZIONE

L'obiettivo di questo quaderno è quello di presentare, in forma sintetica e semplificata, un insieme di conoscenze e di metodi sviluppati intorno alla relazione tra l'ambiente di vita e la salute umana, per poi offrire un approfondimento tematico sulla relazione tra salute ed inquinamento dell'aria prodotto dal traffico pesante, identificato in questo numero come tema di particolare attenzione nella Comunità montana Valdigne Mont-Blanc.

Si intende farlo sotto forma di un contributo ancora iniziale di conoscenze e di evidenze ad oggi disponibili, utile però ad approfondimenti successivi di analisi, con l'intenzione di sgomberare il più possibile il campo da preconcetti ed affermazioni non dimostrate o non agevolmente dimostrabili, che possono alterare la percezione di benessere e talvolta persino di sicurezza, della popolazione residente.

Per parlare della relazione tra ambiente e salute, occorre prima definire *l'ambiente di vita*, che ha visto ampliare nel tempo i confini fisici della descrizione che inizialmente lo ha caratterizzato.

Nel passato infatti veniva prevalentemente riconosciuta la gravità delle esposizioni nocive in ambienti che, della vita, ne costituiscono solo spazi e tempi definiti, che sono i luoghi di lavoro confinati; da allora è maturata una consapevolezza maggiore circa il rilievo che anche *altri* ambienti di vita possono assumere nel determinare o alterare le condizioni di salute di una popolazione: da quello più ristretto dell'abitazione, in cui si è esposti per un numero considerevole di ore anche notturne, a quello molto più ampio di ecosistema, dove l'abitare, il viaggiare, il lavorare, lo studiare e, più genericamente, l'intessere relazioni sociali, interagisce con le componenti chimiche, fisiche e socio-comportamentali della vita dell'uomo, influenzandone la condizione generale di salute.

E' ravvisabile nel dibattito specifico un quadro ancora in movimento intorno a questi temi definitivi che inevitabilmente si ripercuote sui modelli di analisi e sulle stime di rischio, per cui lo sforzo di pervenire in un prossimo futuro ad una definizione concettuale condivisa dei componenti della relazione *ambiente e salute* sarà quanto mai opportuno ed auspicato.

Nello studio della malattia e delle cause che la producono – i cosiddetti determinanti - non esiste mai un approccio di monocausalità. E' noto infatti a tutti come siano molti e diversi tra di loro i fattori che si compongono nel corso della vita interagendo con le componenti biofisiche e psichiche dell'uomo, fino a produrre uno stato di alterazione biologica cellulare che definiamo appunto malattia.

Per misurare gli esiti di salute di una popolazione, descrivibili attraverso il loro opposto, cioè la malattia, la morte o la sopravvivenza in qualità di vita senza disabilità, gli epidemiologi sono soliti ripercorrere concettualmente all'indietro l'esperienza di vita del singolo, ma più frequentemente di uno o più gruppi di popolazione, al fine di riconoscere nel percorso ciò che può avere generato la condizione sfavorevole di salute. Questo avviene selezionando, tra i determinanti strutturali (dovuti al lavoro, al sistema di garanzie sociali, alla ricchezza), a quelli individuali (di età, genere, razza), a

quelli geografici (il territorio di residenza, la morfologia e la latitudine), fino a quelli più specifici e vicini alle cause note della malattia stessa (la genetica, gli stili di vita, lo stress, un determinato ambiente di vita), il peso relativo dei diversi fattori e stabilire così, anche se in forma probabilistica, il nesso con l'evento in studio.

Come facile quindi intuire, i determinanti possono essere di natura *distale*, cioè distante dal soggetto che ne sperimenta l'azione, tipicamente sociali, o *prossimali*, cioè vicini all'esperienza di vita del soggetto e alle sue stesse abitudini comportamentali, tra cui l'ambiente.

Inoltre, da quasi dieci anni, nel dibattito scientifico internazionale è emerso con grande rilievo il peso che all'interno di questo percorso rivestono le disuguaglianze sociali, e di come queste si combinino anche con i determinanti di tipo ambientale. In altre parole, nella prospettiva del "percorso di vita" il patrimonio di salute di un individuo, sotto il profilo del benessere psicofisico generale, è assunto come un prodotto della posizione sociale occupata lungo tutta la vita passata e, per effetto di meccanismi di strutturazione dei processi sociali, l'individuo resterebbe esposto ad un'accumulazione selettiva di futuri vantaggi o svantaggi.

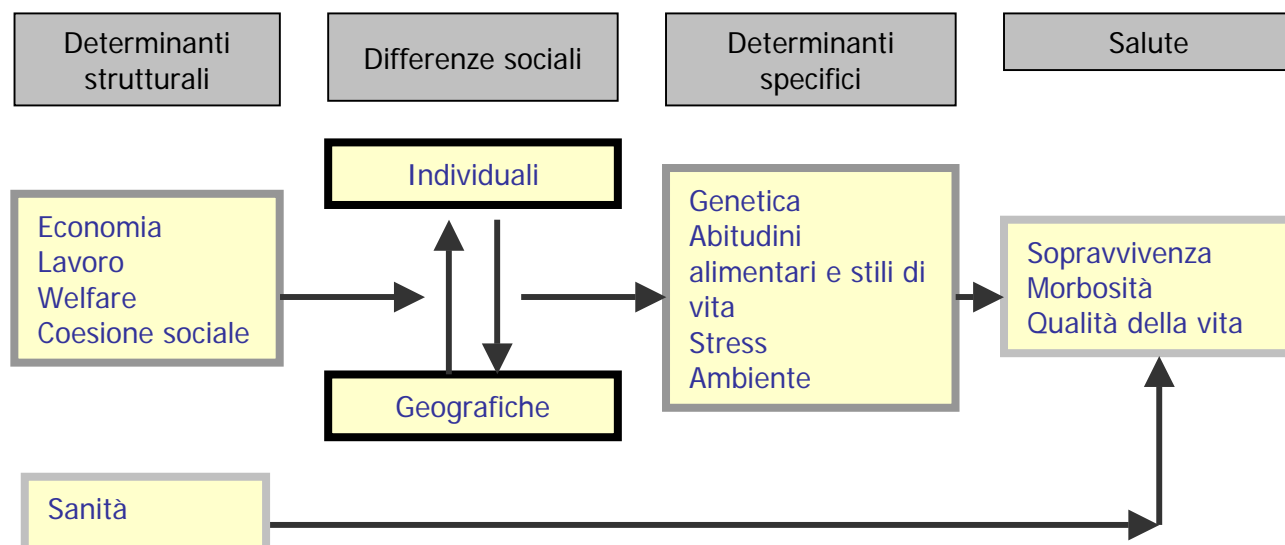
Questo assunto è reso concreto dall'esempio di come, in prossimità di siti con problemi ambientali conclamati, la struttura economico-sociale si caratterizza attraverso una selezione di gruppi di popolazione maggiormente deprivata, con abitudini sociali, culturali e, talvolta, di appartenenza etnica conformi al livello di svantaggio e tali da rendere difficile distinguere l'azione di queste componenti da quella di sola origine ambientale nel determinare il più sfavorevole stato di salute rispetto ad altre popolazioni, prese come riferimento.

Gli effetti di tutti i determinanti sullo stato di salute possono essere modificati con livelli di successo diversi da parte dall'organizzazione dei servizi sanitari, che sarà tanto più efficace in termini di esito di salute ristabilita, quanto più saprà operare rimuovendo il peso che la sua organizzazione interna potrebbe involontariamente aggiungere a quello sino a quel momento prodotto dalle disuguaglianze sociali.

Un possibile schema concettuale¹ della relazione tra i determinanti le disuguaglianze nella salute è proposto in Figura 1.

¹ Modificato da: Stato di salute della popolazione in Piemonte, Prima parte, allegato alla Proposta di Piano Socio Sanitario Regionale, 2006-2010 (<http://www.regione.piemonte.it/pssr/dwd/piemonte1.pdf>)

Figura 1. Schema concettuale delle relazioni tra determinanti della salute



Le esposizioni ambientali agiscono quindi durante l'intero ciclo della vita umana: dal concepimento e dalle prime differenziazioni di sviluppo cellulare, allo sviluppo pre e post natale, alla crescita fino all'età adulta, ove agiscono i fattori residenziali e occupazionali, fino all'età anziana che, come quella pediatrica, sperimenta una maggiore vulnerabilità alle esposizioni ambientali sfavorevoli.

Generalmente le esposizioni ambientali sono di bassa intensità e si esplicano in situazioni di vita complesse, dove raramente i cosiddetti 'stressor' ambientali agiscono da soli quanto in combinazione con altri fattori che possono modificare il rischi per la salute, comporre ed al contempo confondere, la relazione che si instaura tra l'ambiente e la salute in un individuo o in un gruppo.

Una revisione di studi di settore condotta nel 2001 dall'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) stima che il 5% - 8% dei problemi di salute delle nazioni OCSE ad alto e medio reddito sono correlate all'ambiente. Una percentuale che si eleva al 13% nei paesi non OCSE a maggiore svantaggio sociale.

Espresso in termini molto generali è valutato che, nel mondo, più di un quarto del carico complessivo di malattie (definito Global Burden of Disease, GBD), espresso in anni di vita persi in buona salute, ovvero in assenza di disabilità, può essere attribuito a determinanti ambientali, mentre tra le sole popolazioni europee l'impatto è inferiore e pari al 10% -15%².

Queste affermazioni, di sicuro effetto e vantaggio per le campagne di sensibilizzazione politica e culturale, poco contribuiscono all'analisi dei singoli fattori causali se non vengono declinate e

² Smith RK, Corvalán CF, Kjellström T. How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology*, 1999, 10(5), 573-584

tradotte disegnando opportuni modelli di studio, in cui tutte queste variabili possono essere chiaramente definite e misurate.

Rimandando alle sezioni successive l'analisi dei modelli di studio epidemiologico, per quanto attiene i fattori eziologici ambientali, questi possono essere classificati, sulla base della loro natura, in :

- ✓ fisici,
- ✓ biologici
- ✓ chimici

con esclusione degli agenti infettivi e degli eventi calamitosi naturali.

Agli *agenti fisici* appartengono le radiazioni infrarosse, luminose e ultravioletta, le radiazioni ionizzanti, le radiazioni elettromagnetiche, i campi elettromagnetici, oltre a parametri meteorologici quali la temperatura, l'umidità e la ventilazione.

Gli *agenti biologici* sono costituiti da microrganismi che trovano nell'ambiente il loro ambiente naturale, oppure da patogeni per i quali il suolo rappresenta un veicolo di trasmissione al pari di altri come l'aria, l'acqua o gli alimenti.

Infine, *le sostanze chimiche*, rilevanti dal punto di vista epidemiologico e tossicologico, sono ormai numerosissime e possono essere sia di tipo naturale, sia derivanti dalle attività dell'uomo.

Nei paesi industrializzati sono proprio gli agenti chimici di sintesi ad avere assunto un ruolo di primo piano dal punto di vista ecologico e sanitario; si stima infatti che siano più di 300 mila le molecole di sintesi ad oggi prodotte, delle quali circa 50 mila sono di uso quotidiano e contribuiscono a formare i cosiddetti microinquinanti, ovvero sostanze di larga diffusione, caratterizzate da emissioni non puntiformi e per questo di difficile controllo.

La conferma della larghissima diffusione di queste sostanze deriva dal costante e massiccio riscontro di sostanze estranee all'ecosistema in particolare nell'aria delle aree metropolitane, nelle acque superficiali e nei reflui civili ed industriali.

Il destino delle sostanze tossiche ambientali dipende dalla reattività chimica della molecola, dal suo grado di immobilizzazione, dal bioaccumulo nei tessuti di organismi animali e vegetali, nonché dal grado di biotrasformazione che subisce negli organismi viventi.

I contaminanti più pericolosi sono quelli a maggior persistenza ambientale e bioaccumulabili, mentre sono di minor rilievo quei tossici che sono poco stabili, che presentano una bassa persistenza nel tempo e non sono bioaccumulabili, per cui i loro effetti ecologici e sanitari diminuiscono con il passare del tempo e con la loro diluizione.

Tra le sostanze chimiche più diffuse e di maggior rilievo ecologico e sanitario vi sono i pesticidi, gli idrocarburi alogenati e aromatici (solventi largamente utilizzati dall'industria delle benzine e sospettati di avere azione leucemogena), gli idrocarburi policiclici aromatici e i metalli.

Di fatto però, ogni sostanza presente nell'ambiente umano, se assunta o assorbita in quantità inappropriata può risultare dannosa; in tali casi il rischio per la salute è quanto più stimabile quanto più sono note, per ogni singolo individuo, le dosi di concentrazione ambientale, le vie di assorbimento e di metabolismo, i tempi di esposizione, gli organi bersaglio, gli effetti delle sostanze e dei metaboliti sulle cellule e sulla salute della popolazione esposta.

Poiché molto raramente tutte queste informazioni sono disponibili è necessario ricorrere a studi tossicologici o, più frequentemente, a studi epidemiologici di popolazione.

In questo caso l'approccio naturalista, che ha come scopo la tutela e la conservazione dell'ambiente e delle risorse naturali, e l'approccio sanitario, che ha come obiettivo prioritario la cura della salute delle popolazioni esposte non sono incompatibili. La costruzione dei profili di salute della popolazione presente su un territorio circoscritto costituisce un percorso fondamentale per l'individuazione di interventi di prevenzione mirati ad una realtà locale, in grado di identificare le azioni di politica sanitaria necessarie per la riduzione e la rimozione dei fattori di rischio ipotizzati.

Le azioni di tutela dell'ambiente e di promozione della salute, correttamente informate dal quadro concettuale sinora esposto, devono quindi concretamente prevedere:

- ✓ la costruzione di sistemi informativi ambientali e sanitari integrati, utili all'elaborazione di profili di rischio delle comunità inserite in un territorio, anche attraverso la sorveglianza di eventi sentinella, sia a livello del governo centrale regionale, sia attraverso l'attivazione di reti territoriali di monitoraggio di tali eventi;
- ✓ l'individuazione di indicatori ambientali, correlabili con indicatori di salute;
- ✓ la ricerca epidemiologica che utilizzi i precedenti elementi per l'individuazione e la valutazione dei determinanti ambientali della salute;
- ✓ procedure di valutazione integrata di impatto ambientale e sulla salute che utilizzano i risultati epidemiologici per quantificare l'effetto dei determinanti ambientali.

2. IL QUADRO EUROPEO

In materia di relazione tra salute ed ambiente sono numerose ed autorevoli le posizioni espresse negli ultimi anni da diversi organismi internazionali, sia sotto il profilo delle politiche, sia sotto quello più tecnico dei programmi di studio.

Le principali iniziative in ambito internazionale europeo da considerare come riferimento sono:

- ✓ i programmi dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)
- ✓ i programmi dell'Unione Europea.

Nel 1998, la 51° Assemblea Mondiale della Sanità dell'OMS ha individuato, nel suo programma di politica sanitaria, 21 obiettivi finalizzati all'incremento ed alla protezione dei livelli di salute ed alla riduzione dei rischi; tra questi uno è dedicato agli effetti ambientali sulla salute e fissa entro l'anno 2005 il limite temporale entro cui la popolazione deve vivere in un ambiente più sicuro, con un'esposizione a sostanze pericolose per la salute contenuta entro gli standard accettati a livello internazionale³.

L'obiettivo è articolato in 2 sotto obiettivi:

- ✓ l'esposizione della popolazione a fattori di rischio di tipo fisico, microbiologico e chimico presenti nell'acqua, nell'aria, nei rifiuti e nel suolo deve essere ridotta significativamente, nell'ambito di piani d'azione che definiscano tempi e obiettivi a livello di ogni paese;
- ✓ la popolazione deve poter disporre di sufficienti quantità di acqua potabile con caratteristiche qualitative soddisfacenti.

Nonostante l'autorevolezza della fonte, queste indicazioni non rivestono un valore prescrittivo per i singoli stati membri, anche se l'aspettativa generale è che questi facciano propri gli obiettivi stabiliti, sviluppando coerentemente le proprie strategie di politica sanitaria.

Nella risoluzione che accompagna il progetto si riconosce infine che per promuovere e realizzare i diritti ed i principi enunciati nel programma di politica sanitaria occorrono una serie di azioni concertate, con la completa partecipazione di tutti i partners.

Per quanto attiene i programmi dell'Unione Europea, successivamente, nel marzo 2000, il Consiglio Europeo di Lisbona ha indicato una "strategia basata sulla conoscenza" che porti entro il 2010 l'Unione Europea ad essere "*l'economia basata sulla conoscenza più competitiva e dinamica del mondo*". L'anno successivo il Consiglio europeo di Goteborg ha integrato tale strategia, basata sulla conoscenza, con la dimensione ambientale.

E' stato definito quindi con *sviluppo sostenibile* la condizione di progresso che soddisfa i bisogni dell'attuale generazione senza compromettere quelli delle generazioni future e, di conseguenza, è stato richiesto di affrontare le politiche economiche, sociali e ambientali in modo sinergico, al fine di

³ Progetto "Health 21-The health for all policy framework for the WHO European Region",

limitare gli effetti dei cambiamenti climatici, ridurre i rischi per la salute pubblica, introdurre sistemi di trasporto sostenibili.

Coerentemente con quest'ottica, ciascuna nazione dovrebbe dotarsi di strumenti di governo delle componenti socio-economiche che permettano il miglioramento delle condizioni ambientali e della qualità della vita, intesa, correttamente, come una componente ambientale.

Nel 2003 la Commissione Europea ha sviluppato una proposta innovativa per una strategia comunitaria per l'ambiente e la salute⁴.

Il Piano identifica quattro aree principali di intervento:

- ✓ contrastare il cambiamento climatico;
- ✓ proteggere la natura, la flora e la fauna;
- ✓ affrontare i legami fra ambiente e salute;
- ✓ preservare le risorse naturali e migliorare la gestione dei rifiuti.

A questo documento, l'anno successivo, è seguito il Piano d'azione europeo 2004-2010⁵ il cui obiettivo è quello di creare un sistema informativo integrato, funzionale a trarre elementi di conoscenza della relazione tra l'ambiente e la salute⁶.

In dettaglio il Piano prevede 3 obiettivi, a loro volta tradotti in 13 azioni specifiche.

Gli obiettivi sono:

1. Migliorare la catena dell'informazione per comprendere i collegamenti tra le fonti di inquinamento e gli effetti sulla salute, a cui fanno riferimento le seguenti azioni:
 - 1.1. sviluppare indicatori di salute ambientale;
 - 1.2. sviluppare un monitoraggio integrato delle condizioni ambientali, ivi compresa l'alimentazione, per permettere la determinazione di un'esposizione umana significativa;
 - 1.3. sviluppare un'impostazione coerente del biomonitoraggio in Europa;
 - 1.4. migliorare il coordinamento e le attività congiunte sull'ambiente e la salute.
2. Integrare le attuali conoscenze rafforzando la ricerca ed esaminando le tematiche emergenti relative ad ambiente e salute, a cui fanno riferimento le seguenti azioni:
 - 2.1. integrare e rafforzare la ricerca europea sui temi dell'ambiente e della salute;
 - 2.2. concentrare la ricerca sulle malattie, i disturbi e l'esposizione;
 - 2.3. sviluppare metodologie per analizzare le interazioni tra ambiente e salute;
 - 2.4. individuare ed eliminare i potenziali fattori di rischio per l'ambiente e la salute.

⁴ 6° programma di azione (2001-2010) per l'Ambiente della Comunità Europea (Ambiente 2010: Il Nostro Futuro, La Nostra Scelta).

⁵ Presentato come proprio contributo alla Conferenza ministeriale di Budapest del 23-25 giugno 2004

⁶ In particolare la salute dei bambini in rapporto con l'ambiente è attualmente una priorità nell'agenda internazionale e l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha promosso CEHAPE (Children's Environment and Health Action Plan for Europe).

3. Riesaminare le politiche e migliorare la comunicazione, a cui fanno riferimento le seguenti azioni:
 - 3.1. sviluppare in campo sanitario attività e reti dedicate ai determinanti della salute ambientale attraverso il programma sulla sanità pubblica;
 - 3.2. promuovere la formazione di professionisti e migliorare la capacità organizzativa nei settori ambientale e sanitario;
 - 3.3. coordinare le attuali misure di riduzione dei rischi e concentrarsi sulle malattie prioritarie;
 - 3.4. migliorare la qualità dell'aria negli ambienti confinati;
 - 3.5. seguire gli sviluppi relativi ai campi elettromagnetici.

Nel 2004 la Direzione generale dell'ambiente della Commissione Europea ha indicato come prioritarie le azioni riguardanti lo sviluppo di indicatori di salute ambientale (n.1.1) e lo sviluppo di un'impostazione coerente al biomonitoraggio umano (n.1.3), destinando ad essi una quota parte dei fondi stanziati nell'ambito del 7° Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico (PQRST) dell'Unione Europea che rappresenta il principale strumento per il finanziamento della ricerca scientifica e dello sviluppo tecnologico.

Infine, nel 2005, l'Agenzia Ambientale Europea ha prodotto un rapporto sul tema Ambiente e Salute⁷. Nel documento, tra gli altri, si pone particolare attenzione al tema della tutela della salute dei bambini, indicando per essi quattro gruppi di malattie potenzialmente associate all'ambiente: tumori, salute respiratoria, disordini neuronali nello sviluppo e malattie endocrine.

Vengono identificati inoltre i fattori ambientali responsabili del "carico di malattie", citando il particolato ultrafine tra gli inquinanti atmosferici, l'ozono, la qualità dell'aria negli ambienti confinati, il radon e i campi elettromagnetici.

⁷ Environment and health, *European Environment Agency*, Report n. 10/2005

3. LE INIZIATIVE NAZIONALI

Numerose sono state anche in Italia le iniziative che hanno segnato i passi significativi dello sviluppo della consapevolezza dell'impatto delle politiche ambientali nel determinare lo stato di salute della popolazione. Nonostante la loro diversità, per obiettivi e contributi offerti, sono considerate riferimento obbligato per coloro che intendano accostarsi a questo ambito di studi.

A livello normativo la legge 426/98 (*Nuovi interventi in campo ambientale*) ha individuato 14 siti oggetto di bonifica definiti "di interesse nazionale" a cui le Regioni hanno fatto seguito indicando circa ulteriori 40 interventi ritenuti prioritari⁸

Un anno dopo, il Decreto Ministeriale 471/99, all'articolo 15 (relativo agli interventi di interesse nazionale), comma 1, stabilisce che "*Gli interventi di interesse nazionale sono individuabili in relazione alle caratteristiche del sito inquinato, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti nel sito medesimo, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante al sito inquinato in termini di rischio sanitario ed ecologico nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali secondo i seguenti principi e criteri direttivi ai sensi dell'articolo 18, comma 1, lettera n), del D.Lgs 5 febbraio 1997, n. 22.*

Tali interventi riguardano:

- ✓ *la bonifica di aree e territori, compresi i corpi idrici, di particolare pregio ambientale;*
- ✓ *la bonifica di aree e territori tutelati ai sensi del decreto legge 27 giugno 1985, n. 312, convertito, con modificazioni, nella legge 8 agosto 1985, n. 431;*
- ✓ *il rischio sanitario ed ambientale che deriva dall'inquinamento risulti particolarmente elevato in ragione della densità della popolazione o dell'estensione dell'area interessata;*
- ✓ *l'impatto socio economico causato dall'inquinamento all'area sia rilevante;*
- ✓ *l'inquinamento inteso come rischio per i beni di interesse storico e culturale di rilevanza nazionale;*
- ✓ *la bonifica di siti compresi nel territorio di più Regioni".*

I criteri per l'inserimento di un'area tra i siti di bonifica di interesse nazionale possono essere di due tipi: sanitari o sociali.

Tra i criteri sanitari sono incluse:

- ✓ le evidenze di alterazioni dello stato di salute delle popolazioni residenti nell'area d'interesse;
- ✓ le evidenze di situazioni di potenziale rischio sanitario, valutate tramite "stime del rischio".
- ✓ le implicazioni ambientali:
- ✓ l'estensione dell'area potenzialmente inquinata e la compromissione di più matrici ambientali (suolo, acqua, aria);
- ✓ la presenza di masse di rifiuti al di fuori di strutture tecnologiche di trattamento;

⁸ DM 18/09/2001 n. 468 relativo al Regolamento recante il "Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale":

- ✓ caratteristiche degli inquinanti presenti per quanto riguarda aspetti di bioaccumulo e persistenza;
- ✓ la presenza di bersagli ambientali particolarmente sensibili alla contaminazione, ad esempio bacini con scarso ricambio idrico, substrati di terreno fragili, ecc.

Tra i criteri sociali invece la logica che guida l'inserimento di un'area prevede due situazioni:

- ✓ la prima, a prescindere dal reale rischio sanitario e ambientale, vede da parte della popolazione una elevata percezione del rischio stesso, per motivazioni storiche, sociali, ambientali, ecc.;
- ✓ la seconda, prevede che le aree compromesse siano di particolare interesse e pregio ambientale, storico e culturale.

Gli attuali 50 siti di bonifica di interesse nazionale inseriti nel Decreto Ministeriale 468 non possano considerarsi esaustivi rispetto alle situazioni di elevato rischio sanitario ed ambientale e non è da escludere che nel tempo possano emergere altre situazioni ambientali compromesse, individuabili a seguito di indagini ambientali e epidemiologiche⁹.

A livello scientifico, tra le prime iniziative di particolare interesse in Italia va ricordata nel 1997 quella dell'OMS che, con la pubblicazione del libro "Ambiente e salute in Italia"¹⁰ ha fornito un importante contributo alla razionalizzazione delle evidenze scientifiche fino a quel momento prodotte nel campo della relazioni tra ambiente e salute. Un apporto diverso, ma egualmente significativo per la definizione rigorosa dei metodi di studio e per i loro risvolti applicativi si è avuto con la traduzione in italiano del testo "Environmental epidemiology"¹¹ a cura di un gruppo di Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente (ARPA), coordinate da quella toscana (ARPAT)¹².

Numerose inoltre sono state le sedi di dibattito e di confronto scientifico tra tecnici di diverse discipline.

Tra le più recenti, nel 2005 quella di Portonovo (AN) ha rappresentato un importante momento di dibattito a livello nazionale¹³ il cui obiettivo è stato quello di :

- ✓ portare a sintesi la rete di competenze in materia di ambiente e salute;
- ✓ stimolare gli organismi pubblici a tutti i livelli istituzionali ad esprimere un chiaro impegno in materia;
- ✓ far scaturire proposte ed impegni per interventi legislativi, organizzativi, programmatori e finanziari;

⁹ Tra i 50 siti ad oggi facenti parte del "Programma Nazionale di Bonifica" sono inserite aree industriali dismesse o in corso di riconversione, aree industriali in attività, aree che sono state oggetto in passato di incidenti o di smaltimento più o meno "abusivo" di rifiuti. Non si può quindi escludere l'inserimento di ulteriori siti a seguito del verificarsi di "incidenti" o situazioni di pressione sull'ambiente evidenziabili come di rilevante interesse nazionale.)

¹⁰ Bertolini R., Faberi M., Di Tanno N. (eds). Ambiente e salute in Italia. *Il Pensiero Scientifico Editore*, Roma, 1997.

¹¹ Epidemiologia Ambientale, metodi di studio e applicazioni in sanità pubblica, traduzione in lingua italiana di: Baker D, Kjellström, Calderon R, Pastides H (eds.). *Environmental Epidemiology: A Textbook on Study Methods and Public Health Applications*. World Health Organization, Geneva (WHO/SDE/OEH/99.7), 1999., ARPAT, Firenze, 2004

¹² Con il sostegno dell'Office of Global and Integrated Environmental Health dell'OMS e con il supporto dell'Environmental Protection Agency degli Stati Uniti (US EPA).

¹³ 2° Seminario Nazionale: "Integrazione Ambiente-Salute" Portonovo (AN), giugno 2005

- ✓ confrontare e discutere i problemi incontrati nelle diverse realtà.

Tutto ciò conformemente alle azioni intraprese a livello nazionale dal Ministero competente, affinché in ambito locale, ogni attore istituzionale referente in materia, possa definire coerentemente le proprie priorità d'azione.

Nell'autunno 2005 la discussione intorno al tema in oggetto ha ricevuto impulso dal Simposio Internazionale dell'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente e del Territorio (APAT) tenutosi a Venezia¹⁴ che ha posto l'attenzione sulle sfide in atto per le politiche ambientali, con l'obiettivo di migliorare la protezione e la promozione della salute e accogliere le indicazioni dalla Unione Europea in materia di ambiente e salute.

A tal fine l'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente e del Territorio ha recentemente promosso un progetto¹⁵ dove, coerentemente con quanto avanzato a livello internazionale, vengono indicati anche per l'Italia i seguenti obiettivi prioritari:

- ✓ implementare a livello nazionale gli indirizzi internazionali ed europei in tema di informazione su ambiente e salute a supporto delle politiche ambientali¹⁶;
- ✓ costruire e popolare indicatori su ambiente e salute fruibili per le valutazioni d'impatto integrate;
- ✓ implementare gli elementi per lo sviluppo di un sistema informativo ambiente e salute a supporto degli obiettivi di sostenibilità;
- ✓ contribuire alla comunicazione ed informazione istituzionale propri delle politiche ambientali;
- ✓ seguire attivamente i processi europei per l'uniformità degli obiettivi e delle priorità¹⁷.

Nel paragrafo dedicato allo scenario da governare si annota una particolare attenzione ai problemi del traffico, che è tra i maggiori determinanti ambientali di salute su scala locale e globale.

Gli effetti sanitari associati, cioè le malattie dell'apparato cardiocircolatorio e respiratorio, mortalità per incidenti stradali, stress e sindromi correlate, sono le più comuni nella comunità europea. Il traffico veicolare su strada è il contribuente principale alla produzione di particolato fine (PM10) i cui aumenti di concentrazione nell'aria sono associati all'aumento di malattie e mortalità per malattie respiratorie e cardiovascolari in molti studi.

A fronte di ciò alcune attività di monitoraggio e bonifica ambientale a livello nazionale hanno tratto forza dall'attività del Quadro Comunitario di Sostegno (QCS) che offre un panorama d'intenti utile per definire l'approccio operativo nazionale che si intende intraprendere e al quale possono ispirarsi le azioni di governo regionale del rapporto ambiente-salute qui trattate.

¹⁴ "Environmental policies and health" (organizzato da APAT)

¹⁵ Progetto "Ambiente e Salute" (vedi: http://www.apat.gov.it/site/_contentfiles/00138000/138024_Ambiente_e_salute.pdf)

¹⁶ Relative a procedure di valutazione di impatto ambientale (VIA), valutazione ambientale strategica (VAS), prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC), monitoraggio ambientale.

¹⁷ Commissione UE, EEA, OMS

Il Quadro Comunitario di Sostegno deve essere inteso come l'occasione per la rapida attuazione degli aspetti tecnici, amministrativi e legislativi indispensabili a colmare le lacune di conoscenza, pianificazione e programmazione e per un profondo rinnovamento degli attuali sistemi di governo e di gestione dell'ambiente.

In Valle d'Aosta il livello di conoscenza degli elementi ambientali può stimarsi elevato, come testimoniano i numerosi prodotti presentati nel III Rapporto sullo stato dell'Ambiente da parte dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta, che pone numerosi obiettivi futuri di sviluppo delle competenze. Nel Rapporto si sottolinea in particolare come la valutazione dei rischi per la salute rende necessarie specifiche azioni volte a sviluppare la cultura della prevenzione e del diritto alla salute, oltre che il potenziamento e lo sviluppo di reti informative integrate (mappatura dei siti inquinati, monitoraggio, etc...).

Si precisa che a tal fine si rende necessario il potenziamento dei sistemi informativi regionali che permettono di conoscere e monitorare sia la sensibilità degli ecosistemi, sia lo stato dell'ambiente, sia i principali fattori di pressione sulle risorse naturali, sistemi in gran parte da costruire potenziando il ruolo della rete nazionale e regionale per la protezione dell'ambiente (ARPA) e rafforzando i servizi tecnici di programmazione e progettazione.

L'ARPA della Valle d'Aosta afferma infine che l'incremento del livello di know-how tecnologico, amministrativo e gestionale è indispensabile per il governo dell'ambiente e del territorio, per una politica di sviluppo economico che sia ambientalmente sostenibile, per la prevenzione dei dissesti e degli inquinamenti, e per fini di efficace indirizzo e controllo delle attività di gestione operativa e di adeguamento tecnologico degli impianti e dei processi.

Un know-how che in Valle d'Aosta deve essere ancora completato per la parte di integrazione con gli aspetti epidemiologici al fine di attuare quella integrazione multidisciplinare dei saperi tanto auspicata e utile per il sostegno alla pianificazione di politiche integrate di gestione del territorio.

4. I MODELLI PER LA PROTEZIONE AMBIENTALE

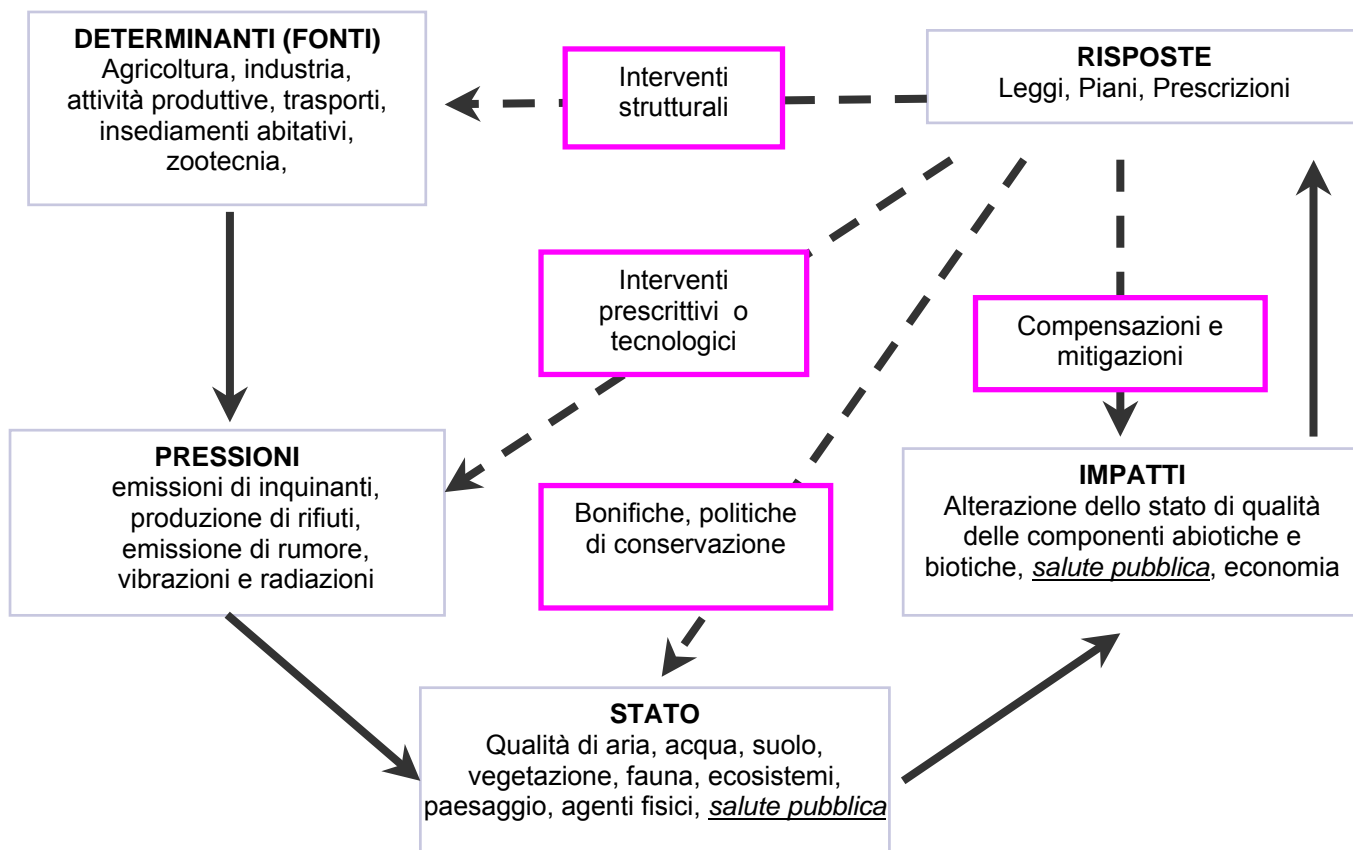
In campo ambientale sono stati proposti diversi modelli di sintesi concettuale per il monitoraggio e la valutazione dei problemi ambientali.

L'idea di fondo è quella di disporre di una guida che aiuti a dare una sistemazione concettuale agli indicatori disponibili per il monitoraggio ambientale; una sistematizzazione concettuale che deve essere funzionale al fatto che i destinatari degli indicatori devono potere essere aiutati a formarsi un'opinione sulla natura dei problemi, sulle loro cause, sulle soluzioni e sui risultati attraverso questi indicatori.

Questi schemi sono noti attraverso gli acronimi che legano i concetti chiave utilizzati, espressi in lingua inglese. Uno degli schemi più utilizzati è del 1996 ed è il cosiddetto DPSIR che sta per: Driving forces, Pressure, State, Impact, Response, adottato anche dall'Agenzia Nazionale Italiana (APAT) con lo stesso acronimo (Determinanti, Pressioni, Stato, Impatti, Risposte).

La Figura 2 rappresenta graficamente il modello, riportando alcuni esempi:

Figura 2. Il modello DPSIR



Più in dettaglio, ed usando la terminologia italiana, è possibile affermare che:

- ✓ *I Determinanti* (o fonti, es. agricoltura, industria, trasporti, insediamenti abitativi, zootecnia, attività estrattive) identificano i fattori che influenzano le condizioni ambientali quali fonti attive negative su cui agire. Sono utili per individuare le relazioni tra i fattori responsabili delle pressioni e le pressioni stesse.
- ✓ *Le Pressioni* (es. emissioni di inquinanti, produzione di rifiuti, emissione di rumore, vibrazioni e radiazioni) individuano le azioni esercitate sull'ambiente in funzione dei determinanti, cioè le variabili direttamente responsabili del degrado e sono utili per quantificare le cause delle modificazioni ambientali.
- ✓ *Gli Stati* (es. qualità di aria, acqua, suolo, vegetazione, fauna, ecosistemi, paesaggio, agenti fisici, salute pubblica) rappresentano la qualità dell'ambiente e delle risorse ambientali che occorre tutelare e difendere. Con la loro misura si delineano le condizioni in cui versa l'ambiente nell'istante considerato, permettendo di valutare il reale grado di compromissione.
- ✓ *Gli Impatti* sono la misura dell'alterazione dello stato di qualità delle componenti abiotiche e biotiche, salute pubblica, economia e, rendendo esplicite le relazioni causa-effetto tra pressioni, stato ed impatti, rappresentano i cambiamenti significativi dello stato dell'ambiente in riferimento ad uno stato-base, assunto come riferimento.
- ✓ *Le Risposte* (leggi, piani, prescrizioni) rappresentano le azioni adottate per fronteggiare gli impatti e assumono diverse forme, secondo il livello del modello su cui intendono agire. Come evidenziato nello schema possono assumere carattere di richieste di interventi strutturali nei confronti dei determinanti, di interventi prescrittivi o tecnologici attraverso interventi, verifiche, controlli, di bonifiche e politiche di conservazione quando si evidenziano stati ambientali compromessi o di compensazioni e mitigazioni di fronte a situazione di impatto che hanno già dato esiti di danni ambientali.

Ciascuno degli ambiti sopra descritti si sostanzia con indicatori quali-quantitativi specifici.

- ✓ *Indicatori dei Determinanti*, meglio indicate come Fonti sono i fattori sottesi e connessi allo sviluppo (stili di vita, processi produttivi, etc...) che influenzano le condizioni ambientali.
- ✓ *Indicatori di Pressione* sono le pressioni esercitate sull'ambiente cioè le variabili direttamente responsabili del degrado ambientale.
- ✓ *Indicatori di Stato* sono la qualità dell'ambiente e delle risorse ambientali.
- ✓ *Indicatori di Impatto* sono i cambiamenti significativi della qualità ambientale (esplicitazione dei rapporti causa-effetto tra pressioni, stato ed impatti).
- ✓ *Indicatori di Risposta* sono le azioni adottate per fronteggiare gli impatti e indirizzate ad una qualsiasi fase dello schema DPSIR. In generale, si tratta di sforzi operativi della società per migliorare la qualità della vita e dell'ambiente.

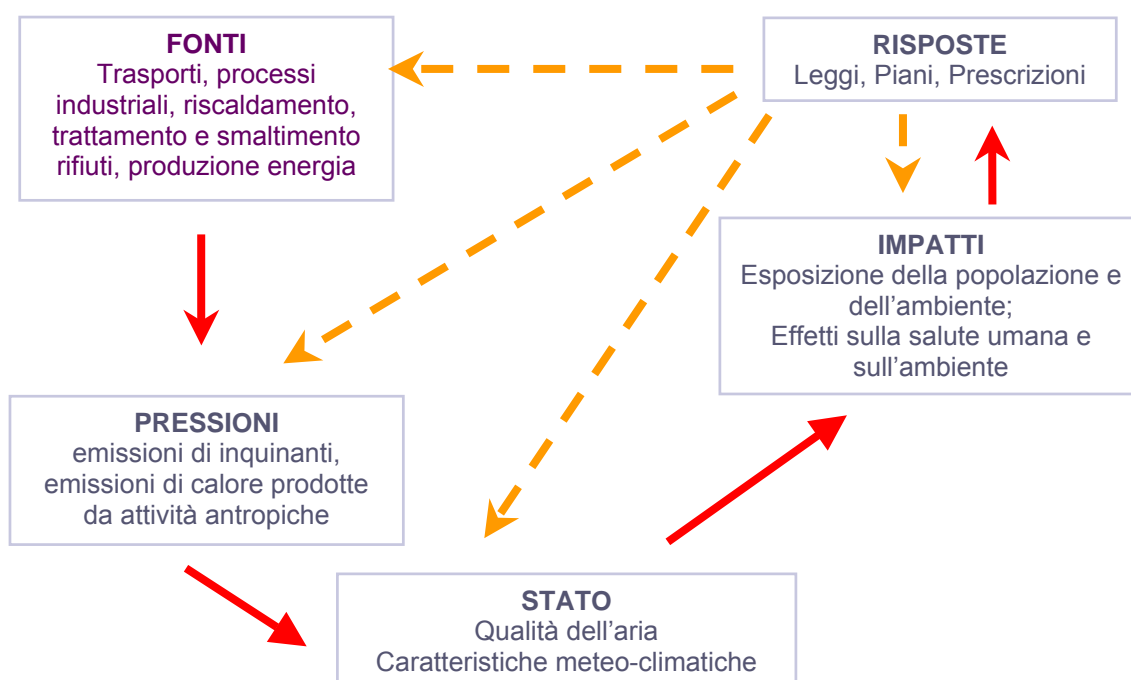
Il modello esce dalla generalità concettuale quando viene applicato a specifici ambiti ambientali, detti matrici.

Nelle scienze ambientali si utilizza il termine matrice per definire la componente materiale entro la quale si esplicano processi chimici, fisici e biologici.

Le matrici generalmente individuate sono: aria, acqua, suolo, rifiuti, agenti fisici, alimenti.

Nella Figura 3 viene rappresentata una possibile applicazione dello schema DPSIR ad un componente della matrice aria, di particolare interesse per il tema dedicato all'approfondimento di questo numero del quaderno.

Figura 3. Modello DPSIR, matrice aria, componente atmosfera



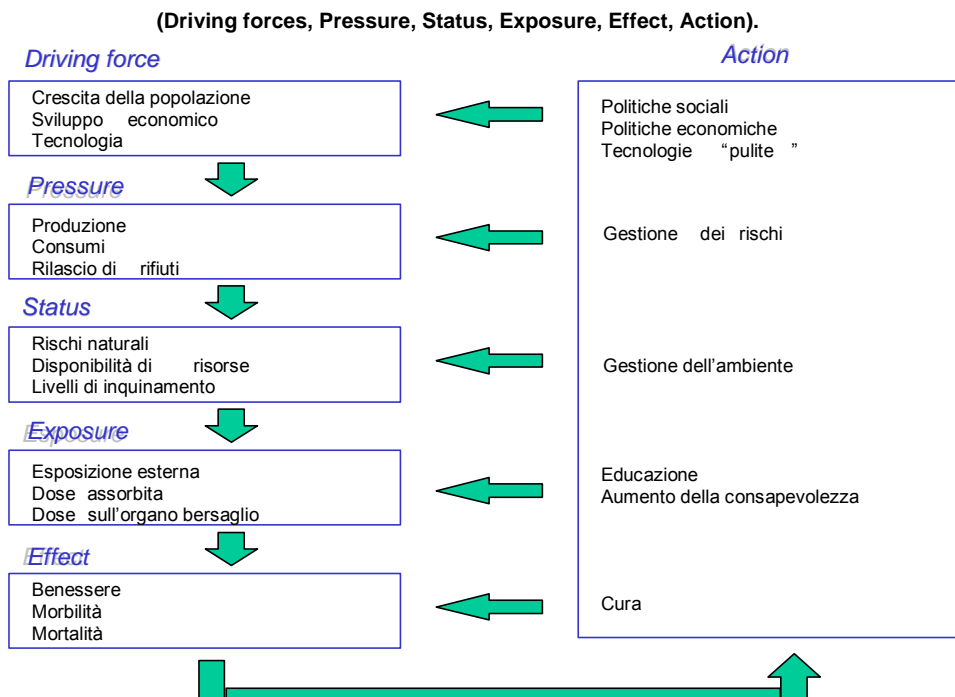
Nello schema DPSIR della figura 1 si sottintende, citandoli tra di indicatori di stato e di impatto, che gli effetti sulla salute pubblica umana siano il risultato di pressioni esercitate su una matrice. Non essendo questa essa riconoscibile tra quelle sopra citate, si può pensare di introdurre, per similitudine, il concetto di “matrice uomo”.

Il modello DPSIR esteso alla matrice uomo è stato proposto dall'Agenzia americana per la protezione dell'ambiente congiuntamente all'OMS ed è riconosciuto con l'acronimo DPSEEA.

L'ulteriore introduzione della valutazione degli effetti sulla salute umana ha quindi comportato un affinamento del modello, con la migliore definizione del concetto di impatto, suddiviso in “esposizione” ed “effetto”.

Il modello che si propone come guida per l'elaborazione di una valutazione integrata comprendente gli effetti sanitari è pertanto quello rappresentato in Figura 4.

Figura 4. Schema del modello DPSEEA¹⁸



Si nota come in questo schema le misure di *impatto* del modello DPSIR sono ulteriormente articolate in misure di *esposizione* ed *effetto*, mentre le risposte sono definite azioni.

Leggendo lo schema DPSEEA secondo i concetti classici del modello epidemiologico si riconoscono in *Driving forces* e nei fattori di *Pressure* i determinanti di malattia (separabili ulteriormente in determinanti agenti sul contesto e sull'individuo), mentre lo *Status*, l'*Exposure* e l'*Effect* rappresentano la misura del problema (rispettivamente in termini di emissioni, di esposizione e di effetti sulla salute).

Si noti come nel modello DPSIR lo stato di salute è annoverato tra gli altri "stati" ambientali, mentre nel modello DPSEEA si pongono tra gli stati solo i fattori fisico-chimici, sociali e genetici che possono, modulati dai meccanismi di interazione con la biologia umana, tradursi in esposizione e, di conseguenza in effetti di presenza/assenza di malattia.

Le "*Responses*" rappresentano gli interventi, le soluzioni tecnico-politiche che dovrebbero riequilibrare eventuali sbilanciamenti del rapporto.

A completamento del quadro concettuale si deve ricordare che l'ambiente può costituire un fattore di rischio diretto per l'uomo considerando i cosiddetti "rischi naturali": non si esercitano pressioni sull'ambiente né se ne altera lo stato, ma l'esposizione ad agenti ambientali naturali, quali, ad esempio, l'affioramento di rocce serpentينية o anfibolitiche, ricche di fibre di amianto, la

¹⁸ United Nations Environment Programme (UNEP), US Environmental Protection Agency (EPA), World Health Organization (WHO), 1996

concentrazione di gas radon, la semplice esposizione solare, ancorché non indotte da azioni antropiche, possono essere fonte di effetti indesiderati sulla salute.

5. GLI STUDI DI EPIDEMIOLOGIA AMBIENTALE

In epidemiologia ambientale vengono condotti prevalentemente studi epidemiologici di tipo osservazionale. A differenza degli studi sperimentali, in quelli di tipo osservazionale non viene fatto alcun tipo di intervento da parte del ricercatore, che lascia la natura seguire il suo corso e si limita ad osservare ed a misurare su una popolazione di esposti, gli effetti indotti da uno o più determinanti noti.

Prima di condurre uno studio epidemiologico è però necessario soffermarsi su alcune considerazioni preliminari per valutarne l'utilità, ovvero la capacità che lo studio ha di riconoscere una associazione, nel caso in cui questa associazione esista.

Tale capacità, misurata in termini di probabilità, dipende da numerosi fattori tra i quali la dimensione del campione o della popolazione in studio, dal rischio relativo che si ipotizza che esista e dalla proporzione di ammalati nelle aree considerate non esposte, da cui è possibile stimare a priori la dimensione minima della popolazione da coinvolgere nello studio per riconoscere un dato valore di rischio relativo.

Questa rigorosa metodologia trae origine in realtà dalla necessità, più generale, di analizzare e di valutare i problemi di salute in una comunità.

Questa attività rappresenta una delle funzioni più importanti per l'epidemiologia.

Le occasioni più comuni per farlo sono sia quelle della valutazione *ex ante*, che dovrebbe avvenire in sede di scelta e di progettazione degli interventi, sia quelle della valutazione *ex post*, che serve in sede di riscontro del loro impatto.

Per tutti questi casi occorre comunque saper produrre una adeguata conoscenza per analizzare i problemi di salute specifici di una comunità.

Un problema di salute si definisce come tale quando:

- ✓ un fenomeno (evento o condizione);
- ✓ accade con una frequenza, o con delle modalità, insolite (differenza);
- ✓ se paragonate a quanto ci si aspetta (attesa), cioè alla frequenza, o alla modalità, con cui il fenomeno si presenta in una situazione di riferimento.

Senza questa differenza un problema non viene nemmeno percepito come tale.

E' evidente che l'elemento di fragilità, ma anche di grande onestà scientifica da parte del ricercatore, è espresso dalla scelta del punto di riferimento con cui confrontarsi.

Il valore “atteso”, a volte è imposto dalla normativa (ad esempio il limite di esposizione ad un fattore di rischio prescritto dalla legge); in altri casi è suggerito da pronunciamenti di autorevoli fonti scientifiche e professionali; in altri casi ancora è oggetto di scelta da parte di chi progetta, una scelta che può fondarsi sul consenso esplicito di esperti, o su espressioni di consenso di altri soggetti portatori di interesse rispetto alla quantità di problema che si può ritenere accettabile in quella comunità.

Ma non basta. Un problema è ben definito se è anche spiegabile; cioè se la distanza tra quanto osservato e quanto atteso è spiegabile nelle sue cause, identificando per ciascuna di esse la quota di problema ad essa attribuibile. In altre parole, la distanza da una situazione attesa esiste in quanto è causata da uno o più fattori.

Quanto più il problema, cioè la distanza tra osservato ed atteso, è scomponibile in quote attribuibili alle singole cause presunte, o a loro combinazioni di effetto, tanto più il problema è ben descritto ed è suscettibile di essere affrontato con una appropriata soluzione.

Questa operazione di scomposizione del problema in quote attribuibili alle varie cause può essere eseguita con livelli di approssimazione diversi in ragione del livello di conoscenze scientifiche disponibili sul problema e del valore delle scelte che sono in gioco.

In alcuni casi la storia naturale di un problema biologico è così ben nota sul piano scientifico che il problema è suscettibile di essere formalizzato con precise stime epidemiologiche di rischio attribuibile. In altri casi, in assenza di solide conoscenze scientifiche e/o di precise misurazioni della distribuzione locale del fenomeno e delle sue cause, è solo possibile quantificare il problema in modo più approssimativo, con tentativi di stima fondati sul proprio giudizio o sul giudizio di esperti.

In entrambi i casi, il rigore e la correttezza del ricercatore impongono di dichiarare su quale fonte si fonda la stima.

A margine dell'approccio epidemiologico, ma non da quello che deve presiedere la capacità di governo, vi è l'ultima questione: ad ognuna di queste cause devono poter corrispondere delle soluzioni specifiche, intendendo con esse il repertorio delle strategie tecnico-operative che sono state messe a punto nella comunità scientifica e professionale di riferimento per rispondere al problema.

Questa sintassi per la definizione di una problema di salute è astratta, ma è abbastanza generalizzabile da poter fungere da schema di riferimento concettuale per qualunque approccio ai problemi e qualunque tipo di studio epidemiologico, anche per quelli di tipo ambientale.

Definendo quindi l'epidemiologia come *“lo studio della distribuzione e dei determinanti di stati ed eventi correlati alla salute in specifiche popolazioni e l'applicazione dello studio al controllo dei*

*problemi sanitari*¹⁹, l'epidemiologia ambientale è più specificatamente definibile come “lo studio degli effetti, sulla salute delle popolazioni, dell'esposizione a agenti fisici, chimici e biologici esterni all'organismo umano e di fattori immediati e remoti di ordine sociale, economico e culturale (ad esempio urbanizzazione, sviluppo agricolo, produzione di energia) associati a tali agenti fisici, chimici e biologici”²⁰.

In epidemiologia ambientale, a differenza di quanto accade nell'epidemiologia occupazionale, le misure di esposizione raramente sono dirette ed individuali. Inoltre, le esposizioni ambientali di possibile rilevanza sanitaria sono generalmente:

- ✓ diffuse, ovvero non è facilmente individuabile una categoria di soggetti “non esposti”,
- ✓ spesso implicate nel contribuire all'insorgenza di patologie con eziologia multifattoriale,
- ✓ associate ad incrementi moderati del rischio relativo.

Le condizioni suddette rendono generalmente più difficile l'individuazione e la valutazione del nesso di causalità, che in epidemiologia è basato su criteri probabilistici (criteri di Bradford Hill²¹) quali la forza dell'associazione, la specificità degli effetti, la relazione dose-risposta, ovvero una relazione funzionale tra intensità dell'esposizione e intensità dell'effetto, la successione temporale tra presunta causa e presunto effetto, mentre in epidemiologia ambientale è spesso necessario ricorrere ad attributi qualitativi di presenza di determinanti ambientali di esposizione, attribuiti ad un territorio di residenza, come misure indirette (*proxy*) di esposizione individuale.

La conseguenza di ciò in termini di potenza dello studio è un indebolimento dovuto essenzialmente all'attribuzione a livello individuale di un'esposizione di area (con possibile generazione del cosiddetto “*bias* ecologico”), a fronte invece della disponibilità, nei sistemi informativi sanitari correnti, di dati relativi allo stato di salute definiti a livello individuale.

Tali problemi hanno indotto la messa a punto di metodologie utili per condurre studi il più possibile validi, ovvero che controllino effetti di distorsione e confondimento, al fine di garantire un buon livello di accuratezza nella stima dei parametri di interesse.

Fortunatamente, solo in rari casi l'epidemiologia ambientale è chiamata a monitorare effetti sperimentati da popolazioni che hanno subito livelli di esposizione particolarmente elevati a determinati agenti presenti nelle varie matrici ambientali, (cosiddetti i gruppi “ad alto rischio”); più di frequente il fattore di rischio è diffuso su una popolazione in misura bassa e le procedure di attribuzione del rischio a questa popolazione possono portare a valori così bassi da definire poco significativo, sotto il profilo statistico, il problema ambientale, anche quando questo è percepito come frequente e grave dalla stessa popolazione.

¹⁹ Last J. A dictionary of epidemiology - 4th ed. - *International Epidemiological Association*, Oxford University Press 2001

²⁰ Baker D, Kjellström, Calderon R, Pastides H (eds.). *Environmental Epidemiology: A Textbook on Study Methods and Public Health Applications*. World Health Organization, Geneva (WHO/SDE/OEH/99.7), 1999., ARPAT, Firenze, 2004, cit.

²¹ Hill A.B.: The environment and disease: association or causation? *Proc R Soc Med* 1965,

In questi casi, considerazioni di diversa natura, quali quello di giustizia, di equità e di qualità della vita devono entrare nel dibattito per fornire altri parametri di giudizio, che vanno ad aggiungersi a quelli meramente epidemiologico-quantitativi.

Se da un lato infatti appare evidente a tutti che non deve essere usata la mancanza di conoscenze scientifiche complete come motivo per rimandare misure di protezione e di cautela, dall'altro è altrettanto opportuno che sia chiaro a tutti quale è il ruolo che l'epidemiologia può dare a questo processo e a quello che in letteratura è definito il "principio di precauzione"²²:

La precauzione a cui il principio richiama, non è un principio morale; essa riguarda soprattutto coloro che devono prendere decisioni ed è caratterizzata da tre aspetti principali:

- ✓ l'individuazione di procedure che determinino l'attribuzione di responsabilità scientifiche;
- ✓ la codifica di prassi volte a valutare e gestire i rischi potenziali;
- ✓ lo sviluppo di iniziative di informazione e di comunicazione tese a coinvolgere il pubblico nei processi di gestione del rischio.

Il principio di precauzione riguarda quindi una procedura di supporto ai processi decisionali che si applica quando sono insufficienti le informazioni sugli effetti avversi di un intervento.

A questa procedura l'epidemiologia può offrire un contributo in tre momenti differenti:

1. il primo è quello del processo di valutazione delle conoscenze scientifiche acquisite, espresse anche attraverso revisioni sistematiche di analisi;
2. il secondo ha a che fare con la rilevazione di segnali, anche deboli ed inattesi, di un'associazione tra una particolare esposizione ed una malattia, anche quando la potenza statistica è debole;
3. il terzo riguarda un approccio quantitativo alla valutazione e alla gestione del rischio, sebbene ciò non sia sempre possibile.

Nonostante le ovvie differenze dei tre contributi l'elemento comune è dato dal rigore del metodo condotto e dalla trasparenza e lealtà delle premesse assunte.

Ogni raccomandazione derivante da un insieme di prove caratterizzate dall'incertezza ha una componente arbitraria che deve essere esplicitata. Le raccomandazioni in tal senso non costituiscono un sottoprodotto della sola ricerca epidemiologica, ma sono l'espressione propria della responsabilità di ogni ricercatore. Il messaggio quindi non dovrebbe essere espresso in forma prescrittiva, ma come tentativo di offrire un contributo costruttivo allo sviluppo della conoscenza.

Ciò detto, in ambito ambientale gli studi epidemiologici osservazionali vengono classificati in :

- ✓ *studi descrittivi*, ove si producono e si confrontano indici di distribuzione delle malattie tra gruppi di popolazione al fine di descriverne lo stato di salute,

²² C. Botti, R.Pasetto, P.Comba "Il principio di precauzione e la responsabilità degli scienziati" *Scienza ed esperienza*, 2003

- ✓ *studi analitici*, dove oggetto dell'indagine è l'individuazione e la quantificazione di rischi a livello individuale, nel nostro caso tra misure ambientali (o misure indirette di queste) ed esiti di salute.

Gli studi descrittivi misurano la distribuzione delle variabili (ad es. la mortalità per cause) all'interno di una popolazione, senza considerazione di alcuna ipotesi, causale o meno. Le associazioni misurate in studi ecologici, ovvero su aggregati di individui, quali sono i residenti in un comune, in una comunità montana o in un distretto, non misurano quindi le associazioni esistenti a livello individuale e consentono un controllo limitato dei fattori di confondimento, portando a risultati utili solo a generare ipotesi di associazione

Gli studi analitici ambientali sono invece disegnati per sottoporre a test una ipotesi specifica ed a misurare un rischio attribuibile a livello individuale, secondo definiti disegni di studio epidemiologici²³.

La diversità tra i differenti disegni di studio attiene principalmente alla possibilità e quindi alla forza, con cui riescono a tenere sotto controllo l'effetto dei possibili fattori confondenti, diversi da quello classico legato alla struttura per età della popolazione.

In generale, la strategia da seguire è quella di applicare studi analitici nelle situazioni in cui la fonte di inquinamento è definita in modo sufficientemente chiaro a livello individuale (ad esempio, le emissioni da parte del traffico veicolare misurate individualmente) e tale da permettere di ipotizzarne le possibili conseguenze, di definire e di quantificare l'associazione tra esposizione e malattia, sottintendendo un rapporto causale tra la quantità di un supposto agente nocivo che raggiunge un organo bersaglio nell'organismo e il grado di alterazione della fisiologia di quest'ultimo.

Diversamente è necessario applicare studi definiti *ecologici descrittivi*, ed accade quando si dispone semplicemente di una generica identificazione di sorgenti di rischio, senza una caratterizzazione di specifici agenti e con una vaga ipotesi circa i relativi effetti sulla salute.

Come intuibile, le conclusioni di uno studio ecologico descrittivo saranno utili solo per possedere un quadro generale della situazione sanitaria ed ambientale, propedeutiche per altri approfondimenti di analisi.

Infine, l'analisi può essere condotta anche mediante l'analisi di *serie temporali*, che configurano un modello analitico specifico, con il quale si pongono in relazione delle serie di misure ambientali e delle serie di eventi sanitari raccolte ad intervalli di tempo per studiare gli andamenti nell'insorgenza dei casi di malattia che si ipotizzano correlati all'evento in studio.

²³ **Coorte**: si seguono una o più popolazioni nel tempo per confrontare la frequenza di un determinato effetto sulla salute a seconda dei livelli di esposizione. Possono essere condotti su brevi periodi (*panel studies*) per studiare gli effetti acuti o sul lungo periodo per studiare gli effetti cronici; **caso-controllo**: spesso condotti intorno ad una sorgente puntiforme di rischio (es. camino, trasmettitore): dalla popolazione circostante si selezionano i casi di malattia ipotizzata associata all'esposizione, si estraggono gli opportuni soggetti di controllo, considerando nelle analisi anche distanza dalla sorgente del luogo di residenza; **trasversale**: si confrontano, in un determinato momento, differenze tra popolazioni che vivono in aree con diversi livelli di inquinamento.

Le serie temporali sono adatte per evidenziare fenomeni sanitari acuti su esposizioni transitorie, ma richiedono un numero di eventi per unità di tempo molto alto, per contrastare il rischio di esiti dovuti all'effetto del caso. Una situazione non sempre applicabile in Valle d'Aosta, in termini di mortalità e morbosità, per l'esiguità numerica della popolazione residente.

Negli studi analitici finalizzati alla ricerca dell'eziologia di malattie con relativamente lungo periodo di latenza e in cui quindi l'interesse sia quello di misurare un'esposizione in tempi anche remoti, è necessario poter ricostruire la storia dell'esposizione individuale. In campo ambientale, sempre escludendo gli aspetti occupazionali, dato che generalmente le persone trascorrono buona parte della loro giornata nella loro abitazione, una misura surrogata di esposizione è definita dall'area di residenza e dalla sua vicinanza a ipotetiche sorgente di esposizione.

Sono utili in questo caso tutte le informazioni legate alla mobilità residenziale, per eventualmente introdurre nell'analisi considerazioni sulla durata del periodo di residenza presa come approssimazione della dose di esposizione. Tanto più l'area sarà piccola e la storia abitativa sarà ricostruibile con precisione, tanto più sarà possibile costruire ipotesi verosimili della relazione causale.

Se invece si dispone di una ipotesi di sorgente di rischio puntiforme, in questo caso possono essere introdotte nel modello "misure di distanza", sulla base delle quali calcolare l'eventuale decadimento del rischio all'allontanarsi dalla sorgente di esposizione. E' doveroso tuttavia ricordare che la mancanza di relazioni, in casi come questi, possono essere semplicemente dovute all'imperfezione delle misure della posizione della fonte inquinante e della popolazione bersaglio o alla bassa potenza statistica della base di dati.

Quando è possibile ottenerlo, in studi analitici su campioni di popolazione, un indicatore di esposizione individuale è dato dalla concentrazione dell'agente o di suoi metaboliti in materiale organico, come urina o tessuto adiposo, ottenibile con procedure poco invasive. Deve però essere considerata la persistenza nell'organismo dell'agente nocivo e la latenza delle malattie supposte associate.

E' stato infine richiamato precedentemente il concetto di "non esposto" o di "popolazione di riferimento" in termini di gruppi di popolazione utili per creare un contrasto con le popolazioni o gruppi sottoposti a misurate o ipotetiche esposizioni.

Anche la scelta della popolazione di riferimento richiede molta attenzione in quanto essa dovrebbe essere del tutto uguale a quella esposta in termini socio anagrafici, economici, etnici, di accessibilità alle cure e dovrebbe differenziarsi *solo* per gli aspetti legati all'esposizione.

Sebbene tecniche di standardizzazione statistica possano eliminare gli effetti di alcuni di questi fattori, in popolazioni di ridotta numerosità, come quella valdostana, potrebbe risultare a volte impossibile identificare un gruppo di riferimento stabile ed utile per fungere da contrasto alle

popolazioni esposte ed è per questa ragione che talvolta è necessario ricorrere a popolazioni residenti in regioni limitrofe.

Dal punto di vista della sorgente di esposizione quindi, gli studi ecologici descrittivi sono basati sulla stima di indici legati allo stato ambientale.

Per condurli è necessario sviluppare indicatori ambientali che misurino la qualità delle matrici ambientali e, di conseguenza, le eventuali esposizioni umane agli effetti sfavorevoli dell'esposizione ambientale. Risulta inoltre necessaria una definizione spaziale degli indici di esposizione, che possono rappresentare una misura diretta del fattore di rischio ipotizzato o un indice indiretto di fattore latente non misurato.

Una lista degli indicatori principali è stata sistematizzata dall'OMS²⁴ facendo riferimento al modello DPSEEA precedentemente esposto (Figura 4) e si fonda su un impianto informativo ambientale del quale si fa cenno in una sezione successiva di questo quaderno.

Per ultimo va ricordato che gli esiti di salute da sottoporre a valutazione non sono necessariamente solo quelli che lasciano traccia in sistemi di rilevazione amministrativi correnti.

La natura multifattoriale delle pressioni ambientali può portare infatti a situazioni di disagio psicofisico meno codificabile, come rivelano indagini volte a rilevare aspetti relativi a stati di stress, nervosismo, insonnia e, in generale, qualità della vita, spesso percepiti dalla popolazione come effetti aventi una concausa individuabile in alterazioni ambientali chimiche, fisiche, paesaggistiche.

²⁴ Environmental Health Indicators for the WHO European Region 1 Update of Methodology, May 2002, EUR/02/5039762

6. LA VALUTAZIONE DI IMPATTO E LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

L'ambito dei rischi ambientali è l'unico in cui è prescritto dal legislatore un esame preventivo degli effetti sulla salute all'interno delle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA²⁵)

A fronte di ciò, recentemente, si va assistendo ad un progressivo e graduale riconoscimento della necessità di includere la salute tra i criteri costitutivi che misurano le scelte di priorità e di intervento *di tutte* le politiche (Health Impact Assessment, HIA): vanno ad esempio in questa direzione i primi atti dei nuclei di valutazione dei principali centri di investimento ministeriali.

Sempre più spesso infatti, con l'emergere di nuove tecnologie che mutano l'ambiente e lo stile di vita umano, i soggetti coinvolti nella definizione di politiche sanitarie sono chiamati a dare indicazioni, ciascuno nel proprio ruolo, sugli approcci cautelativi da adottare in favore della salute. Si pensi alle reazioni suscitate dalla presenza di grandi conduttori di energia elettrica (elettrodotti ad alta e media tensione), dall'inserimento nel mercato di prodotti che fanno uso di organismi geneticamente modificati (OGM), dalla progettazione di un inceneritore o di altre fonti inquinanti aerodispersi, ma anche di cambiamenti climatici.

6.1. La valutazione di impatto sulla salute

E' questo un insieme di procedure e di metodiche che permettono di stimare preventivamente gli effetti sulla salute di un intervento, di un investimento o di una politica²⁶.

E' meglio conosciuta con l'acronimo inglese HIA²⁷ ed è quindi chiamata ad intervenire a supporto delle decisioni relative a scelte politiche in ambiti spesso non sanitari, per indirizzare strategie preventive e protettive.

Lo schema concettuale della valutazione di impatto sulla salute è del tutto analogo a quello già descritto precedentemente, noto con l'acronimo DPSEEA (Figura 4), con la differenza che in questo caso lo schema viene percorso dal fondo, partendo cioè da una politica (non pensata per gli obiettivi di salute) per cercare di stimare, in modo prospettico, quali effetti sfavorevoli sulla salute può produrre in modo non intenzionale, attraverso quali meccanismi e con quali risultati distributivi sulla popolazione.

A fronte delle prime definizioni²⁸ che intendevano la valutazione di impatto sulla salute come una combinazione di procedure o di metodi attraverso cui una politica o un programma proposto può essere giudicato in merito agli effetti che produce sulla salute della popolazione,

²⁵ La direttiva CEE 337/85/CEE ha introdotto in Italia la Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati. Le norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione dei giudizi di compatibilità sono specificate nel DPCM 27/12/88, successivamente modificato e integrato dal DPR 2 settembre 1999, n.348

²⁶ Ritsatakis A, Barnes R, Douglas M, Scott-Samuel A. Health Impact Assessment: an approach to promote intersectoral policies to reduce socioeconomic inequalities in health. In: Mackenbach J, Bakker M. (eds.) *Reducing Inequalities in Health, a European Perspective*. London: Routledge, 2000; pp 287-299.

²⁷ Health Impact Assessment (HIA)

²⁸ Il Canadian Institute of Advanced Research (CIAR)

successivamente l'OMS, ne ha esteso per l'Europa il campo di applicazione, tralasciando anche dalla definizione del programma il termine "proposto".

La valutazione di impatto sulla salute deve analizzare sia le conseguenze dirette sul benessere della collettività, sia quelle indirette, derivanti cioè da una modifica dei molteplici determinanti della salute. L'oggettiva complessità e multidisciplinarietà di questo compito ha indotto l'Unione Europea ad avviare un progetto²⁹ che ha come obiettivo il raggiungimento di una definizione europea di valutazione di impatto sulla salute e la stesura di linee guida per indirizzare gli Stati membri nella sua applicazione. Una applicazione standardizzata e sistematica di procedure idonee che combina, in un unico modello, la valutazione dell'esposizione, l'identificazione e la quantificazione del rischio e la comunicazione del rischio alla comunità.

L'obiettivo è quello di pervenire ad una procedura conforme e concordata per una valutazione sanitaria ex ante di interventi di natura diversa, specie in campo ambientale, che conduca a scelte di priorità di intervento preventivo o protettivo in tutti i paesi membri.

Al momento in Italia sono state realizzate poche esperienze significative di valutazione di impatto sulla salute (HIA). Esse riguardano prevalentemente il settore ambientale ed hanno i migliori esempi nella valutazione di impatto dell'inquinamento atmosferico.

6.2. La valutazione del rischio sanitario

La valutazione del rischio sanitario (in inglese *risk assessment*) è tipicamente utilizzata in campo ambientale ed è un'applicazione particolare nell'ambito delle valutazioni di impatto; consiste nella previsione della verosimiglianza di effetti avversi di una circostanza di inquinamento, sulla base delle stime di esposizione e dei dati clinici, epidemiologici, tossicologici, ambientali o di altro genere, disponibili.

L'ambito applicativo è più ristretto della valutazione di impatto e riguarda per lo più un'area geograficamente delimitata ed un numero limitato di rischi.

La procedura di valutazione del rischio si articola in quattro fasi³⁰:

1. **L'identificazione del pericolo.** Consiste nell'identificazione dell'agente (o degli agenti) responsabili del problema, dei loro effetti e delle condizioni di esposizione.
Nell'identificazione del pericolo si descrive, dal punto di vista qualitativo, quali sono gli effetti avversi rilevabili sull'uomo per la specifica sostanza in esame, e se essi sono tossici, cancerogeni o entrambi. I dati tossicologici necessari alla fase di identificazione del pericolo derivano da un'apposita banca dati tossicologica³¹.

²⁹ Progetto "The effectiveness of health impact assessment", finanziato dalla Comunità Europea, coinvolge 18 paesi e alcune organizzazioni internazionali (WHO, Eurohealthnet)

³⁰ NAS. 1983. National Research Council. 1983. Risk assessment in the federal government. Managing the process. National Academy Press, Washington, DC.

³¹ La più utilizzata è la B.D. HSDB (Hazardous Substances Data Bank), edita dalla National Library of Medicine-USA, in cui vengono riportati i profili tossicologici di circa cinquemila sostanze (<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>)

2. **La valutazione della relazione dose-risposta**, che è la fase in cui viene richiesta la caratterizzazione del rischio sulla base di osservazioni disponibili in precedenza, in termini di: descrizione dei potenziali effetti, stima del rischio di malattia alla dose zero, identificazione della natura matematica del rapporto tra dose e risposta, identificazione di una soglia (se esiste) al di sotto della quale non si manifestano effetti, riconoscimento del tempo di latenza e dell'ambito di variazione inter-individuale, stima della proporzione di esposti in cui non si verifica alcun effetto, oppure un effetto classificato come lieve, moderato o grave.

La valutazione della relazione dose-risposta caratterizza quindi la relazione tra l'esposizione ad una sostanza e il risultante effetto avverso. Solitamente vengono utilizzate delle curve dose-risposta per definire una dose accettabile di rischio per la salute ed i dati per farlo derivano da studi sperimentali ed epidemiologici³².

3. **La valutazione dell'esposizione** che è la fase in cui si procede alla quantificazione della dose assorbita dai soggetti di una specifica popolazione, e delle differenze interindividuali, sulla base di misure delle emissioni, dei livelli ambientali, del monitoraggio biologico o di altri criteri.

La valutazione dell'esposizione stima la dose giornaliera³³ che può essere assunta dai recettori umani come bersaglio della matrice contaminata. La dose assunta dipende dalla concentrazione della sostanza nelle matrici ambientali contaminate (aria, acqua, suolo) e dai parametri di esposizione umana. L'esposizione si definisce come il contatto che si verifica tra un agente chimico, fisico, biologico e la superficie esterna di un individuo.

La valutazione dell'esposizione è la parte fondamentale per la valutazione del rischio, poiché rappresenta la valutazione quantitativa e qualitativa del contatto: descrive l'intensità, la frequenza e la durata dell'esposizione, comprende anche la determinazione della quantità di un composto chimico che entra in contatto con la superficie corporea, la determinazione della via di esposizione (ingestione, inalazione e contatto dermico), la quantità risultante di un composto chimico che realmente attraversa la superficie corporea (dose) e la quantità di composto chimico assorbita (dose interna)³⁴.

4. **La stima del rischio** è l'ultima fase e prevede la considerazione congiunta della caratterizzazione del rischio, dei rapporti dose-risposta e delle stima dell'esposizione, al fine di quantificare gli effetti attesi in termini di rischio assoluto e la proporzione di soggetti destinati ad ammalarsi in una popolazione bersaglio, di cui si deve conoscere la dimensione.

³² I parametri per la valutazione della curva dose-risposta sono disponibili presso l'*International Toxicity Estimates for Risk* (ITER), una banca dati completa e aggiornata che contiene informazioni su composti di interesse cancerogeno e tossicologico. Questa banca dati è consultabile liberamente all'interno della rete TOXNET, edita dalla National Library of Medicine (USA) (<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?iter>)

³³ Definita anche introito o esposizione o ADD *Average Daily Dose* o LADD *Lifetime Average Daily Dose* per le sostanze cancerogene

³⁴ U.S. EPA. 1992b. Guidelines for Exposure Assessment. Washington, DC: Office of Research and Development, Office of Health and Environmental Assessment. EPA/600/Z-92-001.

In questa ultima fase del processo di valutazione del rischio, i dati di tossicità e di esposizione vengono combinati tra di loro per fornire una stima quantitativa del rischio tossicologico e cancerogeno, se sono disponibili evidenze scientifiche a supporto di quest'ultimo aspetto.

Il processo di valutazione del rischio sanitario termina confrontando il valore di rischio calcolato con i criteri di accettabilità del rischio che, per le sostanze con una soglia definita, coincide con il non superamento del valore di riferimento (Reference Dose, o RfD ($HI \leq 1$)³⁵ e, per le sostanze senza soglia, prevede che non vi sia più di un caso di tumore su centomila esposti³⁶.

Nell'approfondimento di questo numero zero del quaderno sono state applicate le procedure di valutazione del rischio alla valutazione di impatto del traffico veicolare sulla salute della popolazione della Valdigne.

³⁵ Cioè di non differenza tra la popolazione degli esposti e quella dei non esposti in termini di esito di salute attribuita al determinate in studio

³⁶ U.S. EPA. 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A) Interim Final. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response. December. EPA/540/1-89/002.

7. I SISTEMI INFORMATIVI PER LO STUDIO DELLA RELAZIONE TRA AMBIENTE E SALUTE

Qualunque sia il disegno dello studio prescelto per l'epidemiologia ambientale, tutti i modelli di analisi hanno in comune la necessità, seppure espressa in forma diversa³⁷ di disporre di strumenti a sostegno dell'integrazione tra i due ambiti disciplinari, quello della salute e quello dell'ambiente e, in particolare, di sistemi informativi che garantiscano la lettura integrata dei fattori ambientali e dei fattori inerenti la salute umana, attraverso un insieme di indicatori condivisi e validati. Tale necessità è finalizzata alla possibilità di porre in relazione possibili fattori ambientali determinanti lo stato di salute della popolazione, o di campioni di popolazione, e gli esiti della salute.

Di seguito si espongono alcune componenti dei sistemi informativi, sia dal lato dell'esposizione ambientale, sia dal lato degli esiti di salute.

7.1. I fattori di pressione sull'ambiente e gli indicatori di stato dell'ambiente

In uno studio epidemiologico descrittivo è utile far precedere i risultati rappresentati dagli indici epidemiologici di occorrenza (frequenza) o di rischio da una descrizione dell'ambito territoriale oggetto di analisi, al fine di contestualizzare i risultati su un territorio che, non essendo monodimensionale come una tabella di rischi, o bidimensionale come la relativa carta tematica che li rappresenta, vede la presenza simultanea di una molteplicità di componenti di origine naturale e antropica, circoscritti in un reticolo di confini amministrativi, portatori questi di specifiche politiche di gestione del territorio e della salute.

I fattori di pressione e i parametri di stato dell'ambiente, derivanti da attività antropica, sono oggetto di valutazione da parte dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) della Valle d'Aosta; si rimanda il lettore al sito internet dell'ARPA³⁸ per avere un quadro aggiornato

³⁷ Nel caso di un semplice **questionario conoscitivo** i dati individuali di esposizione e di esito possono essere raccolti simultaneamente e non sono necessarie ulteriori integrazioni. Diverso è il caso di studi epidemiologici.

Gli **studi di coorte** e necessitano di essere periodicamente aggiornati con la definizione dello stato in vita o con lo stato di salute individuale dei soggetti coinvolti, attraverso procedure di *follow-up* attivo e/o di *record linkage* individuale con archivi sanitari. Anche in questo caso però l'osservazione epidemiologica tende a quantificare i livelli di esposizione ambientali a livello individuale nella fase di costituzione della coorte di individui.

Negli **studi caso controllo** la definizione della pregressa esposizione è specificatamente l'obiettivo del modello di studio, che tende ad integrare, sempre a livello individuale, le esperienze e i livelli di esposizione dei soggetti che presentano lo stato di malattia e quelli estratti come gruppo di controllo.

Altri modelli di studio invece permettono l'integrazione tra dati di esposizione e dati sanitari solo a livello aggregato.

Gli **studi di serie temporali** richiedono l'integrazione a livello temporale dei dati, ovvero è necessario conoscere il numero di casi e i livelli di esposizione registrati lungo l'asse del tempo, misurato normalmente in giorni; tali modelli di studio richiedono un numero di casi giornaliero relativamente elevato e possono produrre stime di rischio di effetti acuti di esposizioni transitorie.

Gli **studi ecologici** cercano relazioni spaziali tra livelli di esposizione stimati a livello di area e eventi sanitari registrati sulla medesima area. L'area territoriale deve essere sufficientemente piccola da poter distinguere livelli di esposizione varianti e nel contempo tale da registrare nei suoi confini un numero di eventi sufficiente a produrre stime di rischio stabili. Mentre gli studi che richiedono l'integrazione dei dati a livello individuale sono spesso onerosi in termini organizzativi e di spesa per la raccolta dei dati, gli studi basati su dati aggregati si possono giovare di informazioni raccolte correntemente per scopi amministrativi o di monitoraggio istituzionale, talvolta non ricche e mirate come quelle raccolte ad hoc ma economiche e disponibili, previo un impegno di strutturazione e integrazione a livello geografico.

³⁸ <http://www.arpa.vda.it>

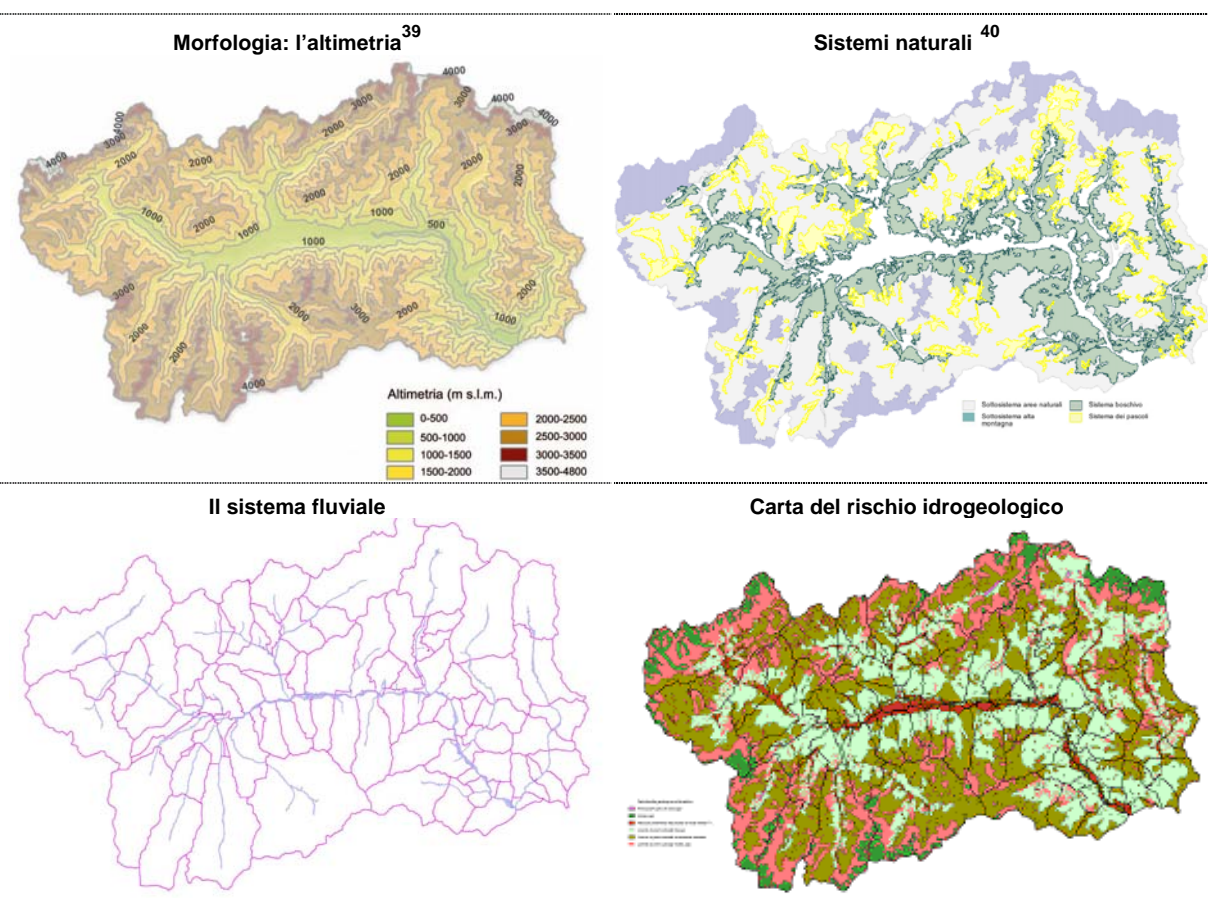
dei dati disponibili relativi ad indicatori ambientali e degli interventi programmati, quali campagne di monitoraggio e di misura, posti in essere.

Tali fattori di pressione vanno poi collocati in uno spazio geografico per individuare la compresenza di altri fattori ambientali e componenti antropiche per comporre il quadro ambientale dal quale prende le mosse l'azione di monitoraggio sullo stato di salute della popolazione.

Infine, i tematismi ambientali vengono circoscritti alle aree amministrative di competenza, ovvero ai confini comunali, a quelli delle comunità montane e a quelli del distretto socio sanitario, per mettere in relazione gli aspetti ambientali con l'offerta di servizi, con l'attuazione di politiche e, relativamente ai comuni, anche con il territorio a livello del quale sono registrati gli eventi sanitari (tipicamente i ricoveri e i decessi).

La sequenza di immagini offerta dalle figure da 5 a 8 descrive il contesto minimo di base per la Valle d'Aosta, ed un esempio di approfondimento relativo al problema dell'inquinamento atmosferico, utile per condurre la successiva analisi geografica presentata nella sezione dedicata all'approfondimento di questo numero.

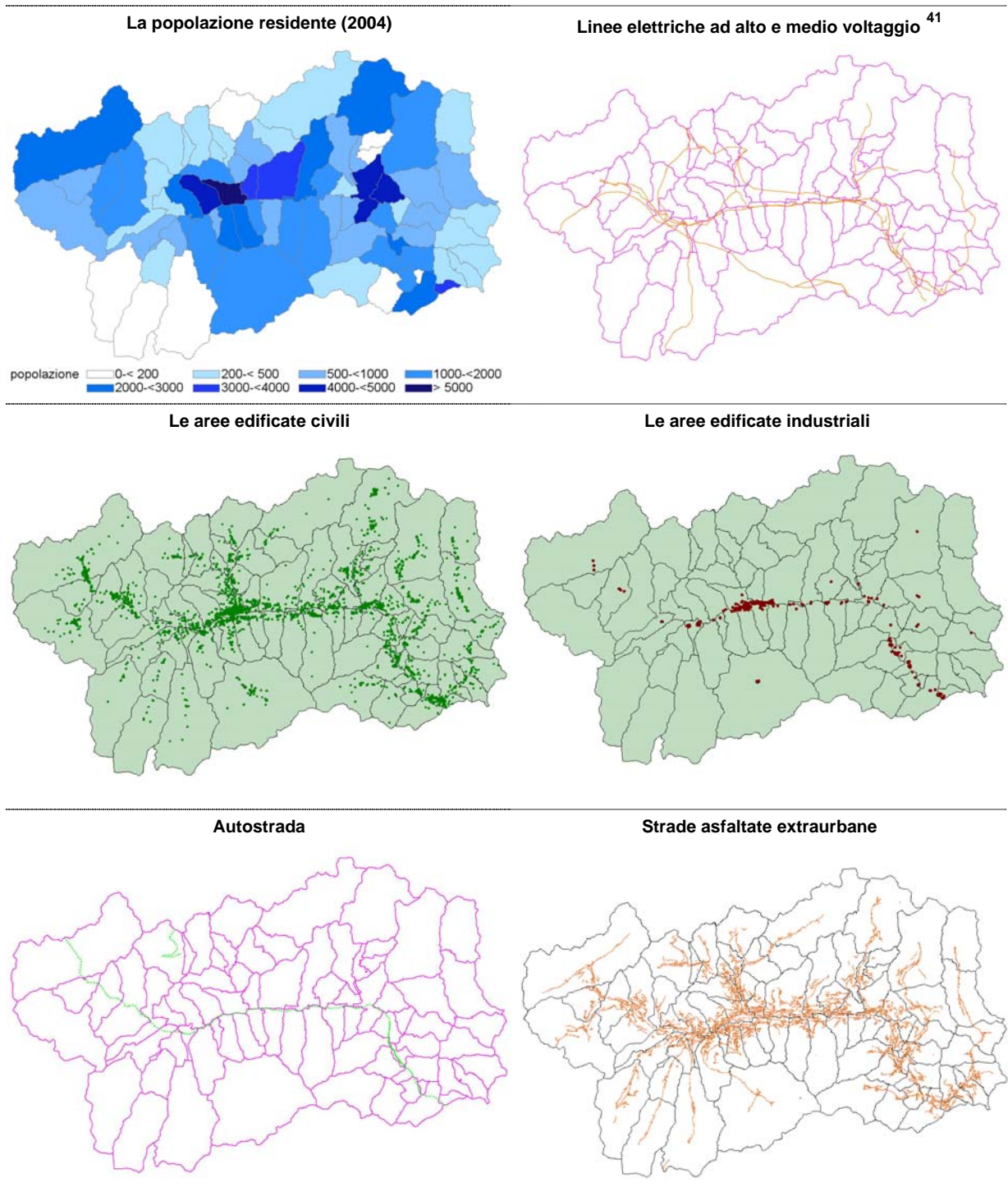
Figure 5-8. Il contesto ambientale



³⁹ Terza Relazione sullo Stato dell'Ambiente – 2005, par 1.1

⁴⁰ Piano territoriale Paesistico (PTP) ,http://www.regione.vda.it/territorio/urbanistica/ptp_i.asp

Figure 9-14. La pressione antropica



⁴¹ Elaborazione dati della Carta Topografica Regionale Numerica

Figure 15-16. Le pertinenze amministrative

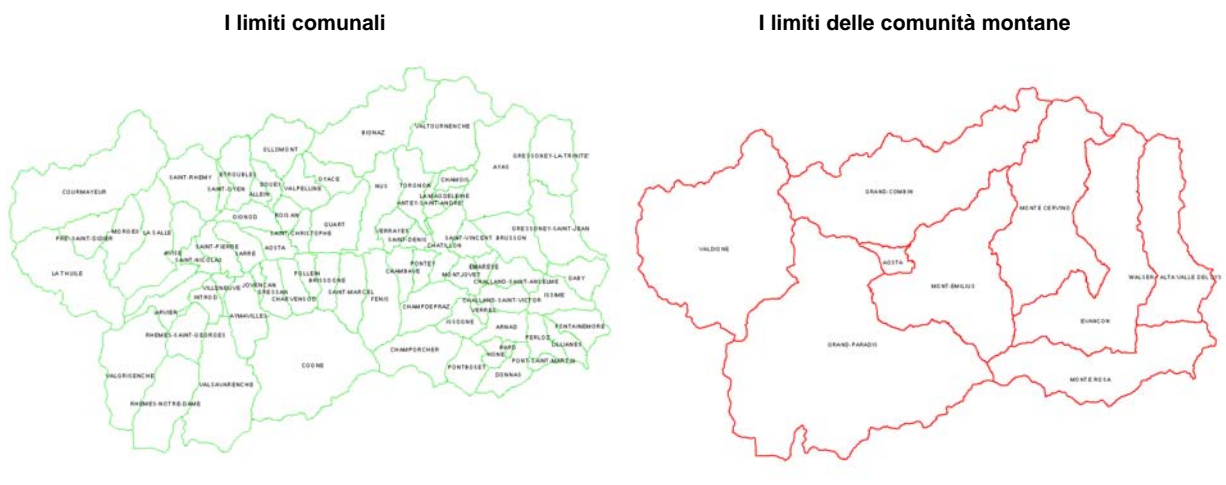
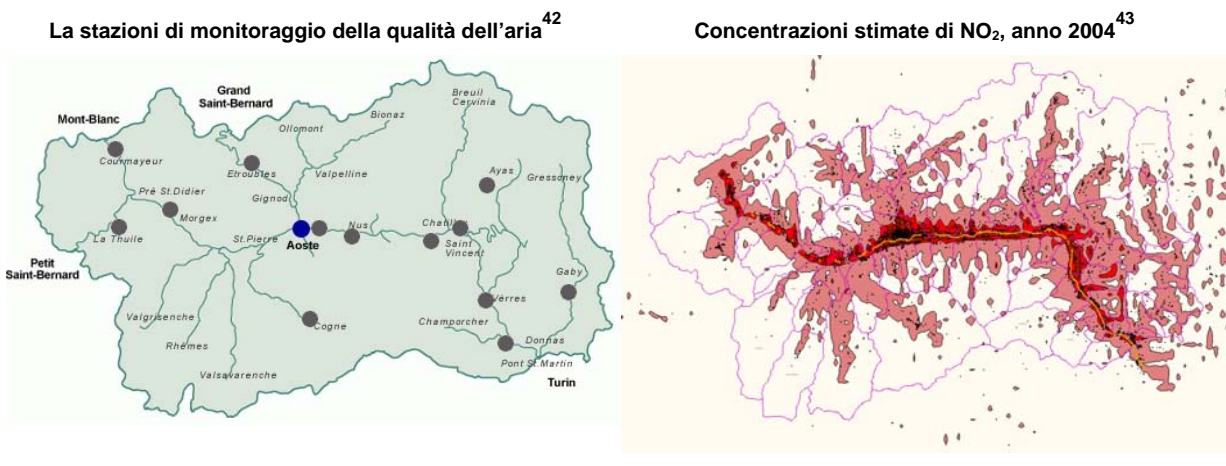


Figure 17-18. Il sistema regionale di monitoraggio della qualità dell'aria



⁴² Sito ARPA Valle d'Aosta, cit.

⁴³ Elaborazione da dati ARPA Valle d'Aosta

7.2. Gli indicatori ambientali

I dati ambientali utili agli obiettivi conoscitivi di questo quaderno sono quelli riferibili ai fattori chimici, fisici o biologici che hanno un impatto potenziale sulla salute, richiamati in sintesi nella Tabella 1.

Tabella 1. I principali fattori ambientali che hanno un impatto potenziale sulla salute

1) Il clima e i cambiamenti climatici	1.1) temperatura dell'aria 1.2) radiazione solare 1.3) pressione Barometrica 1.4) umidità dell'aria 1.5) vento (velocità e direzione). 1.6) precipitazioni
2) L'aria	2.1) l'inquinamento indoor 2.2) l'inquinamento outdoor 2.3) l'amianto
3) Agenti fisici	3.1) radiazioni non ionizzanti: i CEM, gli ELF e i campi a radiofrequenza 3.2) radiazioni ionizzanti: l'evento Chernobyl e la radioattività naturale in VdA 3.3) il rumore e gli effetti sulla salute
4) L'acqua	4.1) l'acqua potabile 4.2) le acque di balneazione e le piscine 4.3) le acque di scarico; depuratori
5) La contaminazione degli alimenti	5.1) contaminazione microbiologica 5.2) contaminazione chimica
6) Il suolo	6.1) i siti inquinati 6.2) le discariche di rifiuti

Uno schema di indicatori ambientali è stato proposto dal Sistema Informativo Nazionale Ambientale (rete SINANET) ed europeo (rete EIONET)⁴⁴.

L'ammontare di dati disponibili per la costruzione di questi indicatori è elevato e deriva principalmente dall'attività di misura e di monitoraggio svolta dall'ARPA della Valle d'Aosta.

Per un loro utilizzo a fini epidemiologici è necessario che sia rappresentata una misura dell'esposizione che le popolazioni hanno sperimentato nel tempo e nello spazio. Il loro valore d'uso è ovviamente condizionato dal disegno di studio utilizzato, il quale può richiedere misure specifiche relative all'ambiente di vita o di lavoro di sottogruppi di popolazione o, al contrario, può richiedere misure riguardanti lo stato delle componenti ambientali dell'intero territorio regionale, spesso ottenute con l'ausilio di modelli matematici di dispersione in atmosfera di inquinanti (es. Figura 18).

Negli studi geografici questi dati vengono posti in relazione con le misure di salute al livello di disaggregazione territoriale minimo comune tra i due sistemi informativi.

Nel modello di studio delle serie temporali si richiede invece che i dati ambientali rappresentino il valore rilevato per una singola unità statistica temporale, normalmente il giorno, per la quale possono essere calcolati indici medi, valori estremi o cumulati.

Per esemplificare il profilo degli indicatori proposti da SINANET si riporta in Tabella 2 l'elenco aggiornato al 2000 degli indicatori prioritari relativi alla matrice aria.

Tabella 2. Indicatori prioritari del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINANET) 2000

TEMA	INDICATORI	DPS IR	UNITÀ DI MISURA
Cambiamenti climatici	Emissioni di CO ₂ e trend.	P	t/a
	Emissioni di gas climalteranti e trend (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆)	P	t/a CO ₂ eq.
	Consumi di energia (rinnovabile e non) e trend	D/P	joule/a
	Stato meteorologico e trend (temperatura, precipitazioni, umidità relativa)	S	°C, mm, %
	Efficienza della produzione e della distribuzione dell'energia	R	
	Indice di stato atmosferico	S	
	Indice di desertificazione	S	
Distruzione ozono stratosferico	Produzione e vendita di sostanze lesive per l'ozono e trend (CH ₃ CCl ₃ , CCl ₄ , CH ₃ Br, CFC, HCFC, Halons)	D	t/a
	Livelli di Radiazione UV	S	UV Index
	Contenuto colonnare di ozono stratosferico	S	Unità Dobson

⁴⁴ Per una loro presentazione completa e aggiornata si rimanda alla recente pubblicazione "III Relazione sullo Stato dell'Ambiente" dell'ARPA della Valle d'Aosta

Acidificazione	Emissioni di sostanze acidificanti e trend (SO ₂ , NO _x , NH ₃)	P	t/a
	Consumo di combustibili e carburanti	D/P	t/a
	Deposizioni di sostanze acidificanti	S	t/Km ²
	Impatto dell'acidificazione sui materiali (lapidei e bronzei)	I	g/m ²
	Ecceденze dei carichi critici sugli ecosistemi	I	eq (H ⁺)/ha anno
	Trasporto di passeggeri e merci per modalità di spostamento (gomma: pubblico e privato; ferrovia; aereo; navigazione)	D	
	Indice di biodiversità lichenica	I	Freq. Di sp. Licheniche
Ozono troposferico e Ossidanti fotochimici	Emissioni di precursori di ozono e trend (NO ₂ e COV)	P	t/a
	Percentuale di veicoli con marmitta catalitica sul totale di veicoli	R	%
	Concentrazione al suolo di ozono: superamenti di soglia e trend	S	µg/m ³
	Biomonitoraggio dell'ozono troposferico tramite l'utilizzo di piante vascolari	I	(IDF) – Indice di danno foliare
Ambiente Urbano	Densità di popolazione	D/P	Abitanti/Km ²
	Emissione di CO e trend	P	t/a
	Emissione di particolato totale, PM ₁₀ e trend	P	t/a
	Qualità dell'aria ambiente: NO ₂	S	µg/m ³
	Qualità dell'aria ambiente: CO	S	mg/m ³
	Qualità dell'aria ambiente: PM ₁₀ /particolati	S	µg/m ³
	Qualità dell'aria ambiente: benzene	S	µg/m ³
	Emissioni di idrocarburi policiclici aromatici e trend	P	t/a
	Percentuale popolazione che usa il mezzo pubblico (lavoro e scuola) rispetto al mezzo privato	R	%
	Rapporto tra la lunghezza delle piste ciclabili e le strade urbane	R	
	Qualità dell'aria ambiente: SO ₂	S	µg/m ³
Qualità dell'aria ambiente: Piombo	S	µg/m ³	
Sostanze chimiche	Emissioni di benzene	P	t/a
	Emissioni di diossine e furani	P	t/a
	Emissioni di metalli pesanti	P	t/a
	Emissioni di PCB	P	t/a
	Licheni epifiti come bioaccumulatori	I	µg o ng inquinante/g lichene

Negli studi di epidemiologia ambientale sono utilizzati in particolare i dati relativi allo stato ambientale (DPSIR=S), quale indicatore indiretto (*proxy*) dell'esposizione individuale, come già ricordato, accennando al rischio di distorsione ecologica (*bias* ecologico). Per ciascuno di questi indicatori, SINANET propone una scheda che va a comporre l'archivio di meta-dati relativo⁴⁵.

A scopo esemplificativo la Tabella 3 riporta la scheda relativa all'indicatore 25, il biossido di azoto (NO₂), da noi scelto in quanto tale inquinante è utilizzato nelle analisi presentate nella sezione dedicata all'approfondimento di questo numero.

Tabella 3. Scheda tecnica, qualità dell'aria ambiente: il biossido di azoto NO₂

TITOLO		
Qualità dell'aria ambiente: NO ₂		
N°	TEMA	DPSIR
25	T 02	S
DESCRIZIONE DELL'INDICATORE		
L'indicatore evidenzia la concentrazione al suolo di biossido di azoto. Le principali sorgenti di NO ₂ sono gli impianti di riscaldamento, alcuni processi industriali e i gas di scarico dei veicoli a motore. Il biossido di azoto contribuisce alla formazione dello smog fotochimico e delle piogge acide		
METODI DI MISURA		
Analizzatori automatici. Campionatori passivi e successiva analisi		
SCOPO DELL'INDICATORE		
Verificare il rispetto della normativa e l'evoluzione nel tempo		
INDICATORI COLLEGATI		
Emissioni di NO _x e COV, consumo di combustibili e carburante, % di veicoli dotati di marmitta catalitica sul totale di veicoli circolanti, consumo di energia		
UNITA' DI MISURA		
μg/m ³		
LIVELLO GEOGRAFICO DI DETTAGLIO		
Puntuale su tutto il territorio		
POSSIBILE RAPPRESENTAZIONE		
Grafici, tabelle e mappe.		
DOCUMENTO DI RIFERIMENTO		
Dobris+3 (12.10), Eurostat (AP 1)		
RIFERIMENTO NORMATIVO		
Dlgs n. 372 del 4/8/99 (attuazione Dir 96/61 approccio integrato) Dlgs n. 351 del 4/8/99 (attuazione Dir 96/62 valutazione qualità dell'aria), Dir 99/30/CE (valori limite emissioni) DM60/2002 (attuazione Dir 99/30/CE) Dlgs n. 183/2003 (attuazione Dir 2002/3/CE)		
LIMITE DELL'INDICATORE		
ESPRESSIONE ALTERNATIVA DELL'INDICATORE		
PAROLE CHIAVE		

⁴⁵ I documenti di riferimento, consultati per la preparazione dell'elenco degli indicatori sono presenti sul sito di SINAnet (<http://www.sinanet.apat.it/it>)

7.3. I sistemi informativi sanitari

Le principali fonti di dati disponibili ed utilizzabili sul versante dei sistemi informativi sanitari sono :

- ✓ le statistiche di mortalità per causa
- ✓ i ricoveri ospedalieri per causa (schede di dimissione ospedaliera, SDO).

Altre fonti informative sono attualmente in fase di sviluppo in Valle d'Aosta⁴⁶, con serie storiche purtroppo ancora troppo brevi per poter condurre studi che identifichino stime robuste e trend temporali di rilievo.

Una popolazione numericamente ridotta come quella della Valle d'Aosta infatti richiede il reclutamento di molti anni di archivio di dati per poter ottenere stime stabili a livello di comune e per specifiche cause di morte o di ricovero.

Le statistiche di mortalità sono disponibili in formato elettronico per la Valle d'Aosta dal 1980 e sono disaggregabili a livello comunale.

Questa fonte ha però lo svantaggio di escludere le patologie non letali dallo studio delle relazioni con patogeni ambientali, che, come si è detto, sono causa di incrementi di rischio non elevato. La precisione diagnostica delle malattie causa di decesso di tale base informativa e il suo valore d'uso è stata documentata nella recente pubblicazione relativa alla mortalità regionale 1980-2003⁴⁷.

Per la Valle d'Aosta sono inoltre disponibili, oltre al flusso nazionale di dati ISTAT sulle cause di morte che copre attualmente il periodo 1980-2002, i dati del Registro regionale delle cause di morte, che contiene, al momento della pubblicazione del quaderno, i dati aggiornati al 2005.

La seconda fonte per importanza epidemiologica è quella che attiene i ricoveri ospedalieri. L'archivio delle schede di dimissione ospedaliera (SDO) è stato creato a fini prettamente amministrativi e l'affidabilità delle diagnosi di ricovero è andata via via aumentando nel tempo, in relazione all'esigenza di stimare i costi di ricovero.

La scheda di dimissione ospedaliera, istituita dal Ministero della Sanità nel 1991⁴⁸, viene compilata per ogni soggetto che abbia subito un ricovero in qualsiasi struttura ospedaliera pubblica o privata del territorio nazionale. L'unica struttura di ricovero della Valle d'Aosta, periodicamente, invia i propri archivi informatizzati alla Regione, che, a seguito di alcune procedure di revisione e correzione dei dati, provvede all'archiviazione su supporto magnetico. Copia dell'archivio viene successivamente trasmessa al Ministero della Sanità. Alla Regione giungono anche le SDO dei soggetti residenti in Valle d'Aosta che hanno avuto un ricovero fuori regione. L'OREPS ha

⁴⁶ Prestazioni di specialistica ambulatoriale e di prestazioni farmaceutiche

⁴⁷ Vittori P, Demaria M, Gnani R Atlante della mortalità in Valle d'Aosta, Regione Autonoma Valle d'Aosta, Assessorato alla Sanità, Salute e Politiche Sociali, Aosta, marzo 2005 (www.regione.vda.it/sanita/oreps/pubblicazioni)

⁴⁸ Decreto Ministero della Sanità del 28 dicembre 1991

pubblicato in passato un atlante dei dimessi regionali relativo al primo periodo di disponibilità dei dati, 1997-1999⁴⁹.

E' noto come uno dei principali ostacoli all'impiego delle SDO ai fini descrittivi della salute sia legato all'incertezza nella qualità di compilazione delle diagnosi. L'affidabilità dell'informazione è variabile e fortemente dipendente dal tipo di patologia. In generale è possibile utilizzare l'informazione sulla causa di ricovero quando si osservano aggregazioni di cause molto ampie (per esempio: malattie dell'apparato circolatorio, respiratorio, etc.), mentre se si analizzano diagnosi molto specifiche in termini clinici aumenta la probabilità di sottostimare il fenomeno osservato.

Per evitare il più possibile tale sottostima, nelle analisi condotte nella sezione dedicata all'approfondimento di questo numero del quaderno sono stati utilizzati tutti i codici nosologici disponibili in ciascuna scheda di dimissione.

Occorre infine considerare che i sistemi informativi sanitari correnti, sia quelli qui descritti, sia quelli in generale disponibili in Valle d'Aosta ed elencati nella Tabella 4, non sono in grado di individuare quadri clinici caratterizzati da combinazioni di sintomi soggettivi associabili a possibili esposizioni ambientali, che sono invece rilevabili solo con indagini ad hoc, mirate a sottoporre a test specifiche ipotesi di danno.

Per dar conto in modo esaustivo delle disponibilità informative di dati sanitari, in qualche misura correlabili all'ambiente, se ne riporta un elenco completo, alla data di pubblicazione di questo quaderno, in Tabella 4, come sintesi dei flussi informativi correnti e disponibili in Valle d'Aosta.

⁴⁹ Cause di ricovero in Valle d'Aosta, Assessorato alla Sanità, Salute e Politiche Sociali, Aosta 2002, (www.regione.vda.it/sanita/oreps/pubblicazioni)

Tabella 4. Flussi informativi sanitari disponibili in Valle d'Aosta. Anno 2006

	Flusso Informativo (fonte dei dati)	Periodo di disponibilità	Livello minimo di dettaglio territoriale
Informazioni demografiche			
Popolazione e bilancio demografico	modello ISTAT P2	1997-2005	comune di residenza
Età e sesso, stato civile	modello ISTAT POSAS	1992-2004	comune di residenza
Dinamica demografica stranieri residenti, cittadinanza di provenienza	modello ISTAT P3	1993-2004	comune di residenza
Popolazione per età e sesso	censimento 2001	2001	comune di residenza

Informazioni di salute

Esiti riproduttivi	natalità (istat) mortalità (istat) abortività volontaria e spontanea (flussi istat ad hoc) cedap (usl)	1987-2005; 1988-1991; 1992-2005; 2002-2005	comune di residenza
Mortalità generale e per cause specifiche	schede istat di morte	1980- 2005	comune di residenza
Vaccinazioni (coperture popolazione e dati attività)	azienda usl	Annuali	comune residenza
Ospedalizzazione complessiva e per cause specifiche	schede di dimissione ospedaliera (sdo) (usl)	1997-2004	comune residenza
Infortuni sul lavoro	Inail	1996-2000	
Infortuni sul lavoro e malattie professionali	archivio integrato inail/ispes/regioni	2000-2003, 2004 parziale	Asl/comune/azienda
Infortuni sul lavoro	Asl		Asl/distretto /comune/azienda
Malattie infettive	notifiche (solo se notificate in regione)	1996-2005	Asl di notifica e Asl di residenza e provincia
Aids	Notifiche cartacee (usl)		comune di residenza
Tubercolosi	notifiche sorveglianze regionali (usl)		Asl di notifica e Asl di residenza
Meningiti	notifiche sorveglianze regionali (usl)		segnalazioni per laboratorio e patogeno
Malattie a trasmissione alimentare	notifiche sorveglianze regionali (usl)		Asl

Informazioni su determinanti comportamentali

Stili di vita,	indagine multiscopo istat	2000	
Fattori di rischio	indagine multiscopo istat	2000	

Archivi utili alla elaborazione di immagini di salute non elaborati da un livello centrale

Esiti riproduttivi	cedap "informatizzato" (nb solo parti avvenuti in regione)	2002-2005	
Malformazioni	(cartaceo).	Fino al 2001	
Specialistica ambulatoriale		2004-2005	
Farmaci		2005	
IVG	per i residenti, anche se avvenuti fuori regione	1989-2005	
Aborti spontanei	per i residenti, anche se avvenuti fuori regione	1992-2002	

7.4. L'integrazione dei sistemi informativi

Per valutare l'impatto sulla salute di determinanti di tipo ambientale occorre quindi integrare i dati contenuti nei sistemi informativi specifici dei due ambiti disciplinari.

Come intuibile non si tratta semplicemente di un'operazione informatica, per altro necessaria al compimento di questo processo, si tratta più precisamente di progettare l'architettura di *sistema informativo integrato "salute ed ambiente"* che :

- ✓ riveda in forma critica i dati dei singoli sistemi e ne migliori la comparabilità,
- ✓ raggiunga un accordo sui criteri ed i metodi di vigilanza, trasmissione e manutenzione,
- ✓ individui nuovi indicatori comparabili,
- ✓ favorisca la cooperazione tra coloro che lavorano alla raccolta e all'analisi dei dati.

In attesa che questo processo prenda avvio in Valle d'Aosta, favorito delle recenti disposizioni del Piano per la Salute ed il Benessere sociale 2006 – 2008, in questa sede si illustra una selezione di dati attualmente fruibili nei due sistemi informativi utile a marcare il punto di inizio di questo processo.

Sulla base della definizione di stato ambientale contenuta nel modello DPSIR (Figura 3), la quantificazione indiretta di dosi di esposizione individuale derivata da misure di agenti chimici, fisici e biologici può essere condotta, in base alla copertura del sistema informativo territoriale, con metodi di statistica spaziale, al fine ottenere stime di inquinamento per l'intero territorio regionale della Valle d'Aosta o per sotto aree obiettivo identificate.

Tali misure risultano spesso "tematizzate", ovvero inserite in un insieme di componenti ambientali del territorio, unitamente ad altri componenti del sistema informativo territoriale che rivelano in modo diretto l'attività di natura antropica.

A tutti questi fattori possono essere attribuiti degli *effetti diretti*, in quanto misure di componenti dannosi per l'organismo, o *indiretti*, in quanto rivelatori di strutture di degrado ambientale non direttamente misurate (ad esempio, il tracciato di una strada può essere una misura indiretta di inquinamento atmosferico, acustico, o di pressione antropica sul territorio).

L'associazione tra esito di salute ed esposizione ambientale, se non rilevata direttamente e su base individuale tramite un questionario appositamente strutturato, può essere misurata a livello di singolo individuo solo in forma indiretta, utilizzando i dati degli archivi sanitari (ad esempio quello dei ricoveri per causa) ed essere correlata alla situazione ambientale mediante la georeferenziazione dell'indirizzo della abitazione, usato come indicatore indiretto del luogo nel quale il soggetto trascorre la maggior parte del tempo e durante il quale può estrinsecarsi un'esposizione ambientale sfavorevole.

In genere la georeferenziazione puntuale, cioè per ciascun individuo residente è molto onerosa e di difficile manutenzione a causa della trasformazione degli insediamenti e della mobilità abitativa. Si ricorre quindi al computo dei casi di eventi sanitari in studio a livello di poligoni

territoriali, al cui crescere della dimensione si estende il livello di errore (*bias*) ecologico introdotto nelle misure statistiche.

La dimensione minima territoriale preferibile oggi in Italia a livello amministrativo è rappresentata dalla sezione censuale, quella cioè attribuita dall'ISTAT ogni 10 anni a ciascun cittadino residente in occasione dei Censimenti della popolazione e delle abitazioni.

Al momento la collocazione degli eventi sanitari a livello di sezione di censimento non è disponibile per la Valle d'Aosta, anche se si tratta di uno dei molti requisiti richiesti in un prossimo futuro per lo sviluppo delle competenze di epidemiologia ambientale previste dal Piano regionale per la salute ed il benessere sociale 2006-2008.

Quando la sezione censuale non è disponibile, la dimensione territoriale immediatamente superiore è quella comunale, normalmente rilevata dai sistemi informativi sanitari correnti quando viene richiesto al cittadino che contatta il servizio sanitario l'indirizzo di residenza.

Le analisi presentate nella sezione dedicata all'approfondimento, sull'inquinamento da traffico pesante nella Valdigne, sono state condotte a livello comunale.

Ciò detto, il monitoraggio dello stato di salute della popolazione che insiste in una data area - nel nostro caso il territorio della Valle d'Aosta - vede come prima attività l'analisi descrittiva delle misure di occorrenza (altrimenti detta frequenza) di malattia, che consiste nel calcolo del numero relativo di eventi sanitari a livello comunale, e la loro rappresentazione su carte tematiche (Atlanti).

Tali analisi descrittive forniscono un'immagine sintetica di insieme utile all'individuazione di eventuali situazioni problematiche aggregate, valutabili in relazione agli indicatori di stato dell'ambiente.

L'utilizzo di mappe per la rappresentazione dei rischi di fatto sottintende l'idea che siano le condizioni legate al territorio ad influenzare l'eterogenea distribuzione delle misure relative di rischio. In altre parole, si attribuisce quasi involontariamente una forte valenza "ambientale" ai fattori di rischio che determinano l'esito sanitario. Ciò, seppure vero, lo è solo in parte, in quanto la catena causale che porta alla condizione sfavorevole di salute è certamente più complessa, dovendo tenere in debito conto importanti fattori di confondimento della relazione tra causa ipotetica ed effetto.

I principali fattori di confondimento dei quali può essere necessario controllare l'azione sono l'età, l'area di nascita dei soggetti, l'indice di deprivazione⁵⁰ su base comunale e l'offerta di servizi sanitari sul territorio. Tali fattori confondenti possono essere costituiti e controllati da attributi individuali e da attributi territoriali o ecologici (indici comunali di deprivazione, concentrazione urbana, posizione orografica ecc.) a parziale correzione delle stime.

⁵⁰ Indice che integra informazioni su alcune componenti (istruzione, abitazione, lavoro, famiglia) quali ad esempio la proporzione di popolazione con licenza elementare, di abitazioni in affitto, di abitazioni occupate senza bagno interno all'abitazione, di popolazione disoccupata o in cerca di prima occupazione, di famiglie monogenitoriali con figli.

Inoltre, nella conduzione di analisi su piccole aree territoriali è talvolta necessario ricorrere a particolari tecniche statistiche per ottenere stime di rischio stabili. Infatti, quando ad essere oggetto di analisi sono aree con popolazione poco numerosa, oppure eventi sanitari rari e poco frequenti, la stima del rischio può essere particolarmente incerta ed inaffidabile a causa di variazioni casuali nella distribuzione degli eventi, nonostante gli accorgimenti di tipo statistico messi in campo⁵¹.

A fronte della evidenziazione di un problema ambientale con una ipotizzata rilevanza sanitaria è assolutamente necessario possedere informazioni di evidenze scientifiche riportate dalla letteratura di settore, che documentano quali possono essere i possibili effetti sanitari che è doveroso ricercare nella popolazione oggetto di osservazione.

Gli effetti sulla salute umana correlati con i principali determinanti ambientali sono numerosi e sono stati riportati in letteratura in diverse forme.

La Tabella 5 documenta una sintesi delle patologie aventi una possibile eziologia ambientale.

⁵¹ I metodi analitici che utilizzano i cosiddetti stimatori Bayesiani completi permettono di ottenere immagini più stabili e al contempo semplificate nell'interpretazione. Con queste tecniche il rischio relativo comunale è modellato come dipendente da due componenti di variabilità: l'eterogeneità complessiva dei rischi nell'area totale in esame, ovvero l'intera regione e l'eterogeneità dei rischi localizzata nei dintorni di ciascuna area, riferita quindi ai comuni circostanti. L'effetto di questo modello di stima è di "lisciare" il valore del rischio del comune tenendo conto dei valori medi locali. Un esempio di uso di queste tecniche sui dati regionali si ha nel "Atlante della mortalità in Valle d'Aosta 1980-2003" a cura dell'Osservatorio Regionale Epidemiologico e per le Politiche sociali (OREPS).

Tabella 5. Principali patologie correlate con alcune esposizioni ambientali⁵²

Patologie	Tipo di esposizione ambientale
Malattie infettive	contaminazione acque, aria e cibi cambiamenti climatici
Tumori	fumo (attivo e passivo) pesticidi (ad es. erbicidi) amianto tossine naturali idrocarburi policiclici aromatici (IPA), ad es. scarichi motori diesel metalli (ad es. cadmio, cromo) radiazioni (solare, UV) cancerogeni animali (alcune centinaia)
Malattie cardiovascolari	fumo (attivo e passivo) monossido di carbonio (CO) piombo particolato atmosferico inalabile alimenti ricchi di colesterolo stress
Malattie respiratorie (inclusa l'asma)	fumo (attivo e passivo) biossido di zolfo (SO ₂) biossido di azoto (NO ₂) particolato atmosferico inalabile spore fungine pollini deiezioni animali (uccelli) umidità ambienti confinati
Malattie della pelle	metalli (ad es. nickel) pesticidi (ad es. pentaclorofenolo) alimenti (allergizzanti)
Disfunzioni riproduttive	bifenili policlorinati (PCB) DDT cadmio ftalati e altre materie plastiche distruttori endocrini
Malattie del sistema nervoso	piombo PCB metil mercurio manganese alluminio solventi clorurati organofosfati
Malattie del sistema immunitario	radiazioni UVB pesticidi
Processi di sensibilizzazione chimica	composti chimici in tracce

⁵² Molte malattie sono il risultato di più fattori. Questi includono:

- vulnerabilità ereditaria (genetica)
- fattori correlati alla povertà (dieta, qualità dell'abitazione e sua localizzazione, stress, abuso di alcool e altre sostanze, abitudine al fumo, basso peso alla nascita, tipologia di lavoro, disoccupazione, clima).

Un'altra matrice basata su una caratterizzazione del modello DPSIR-DPSEEA (Figura 3 e Figura 4), proposta per l'integrazione di informazioni demografiche e sanitarie con le dimensioni delle componenti ambientali è quella presentata nella Tabella 6.

Questa matrice sarà applicata nella sezione dell'approfondimento tematico di questo numero relativo alla valutazione di impatto dell'inquinamento atmosferico prodotto dal traffico pesante sulla salute della popolazione della Valdigne.

Tabella 6. Indicatori demografico-sanitari secondo le componenti ambientali

Aria

Indicatore/Indice	DPSIR	Unità di misura
Popolazione residente esposta a PM10 - >20 µg/m ³	I – (Esp)	numero
Mortalità per cause naturali Adulti - età >30 anni	I – (Eff)	n. casi attribuibili
Mortalità per mal.respiratorie Neonati - >1mese <1anno	I – (Eff)	n. casi attribuibili
Mortalità tumore polmone	I – (Eff)	n. casi attribuibili
Ricoveri per malattie cardio- respiratorie - Adulti - > 30 anni	I – (Eff)	n. casi attribuibili
Ricoveri per mal.respiratorie bambini (0-14)	I – (Eff)	n. casi attribuibili

Acqua

Indicatore	DPSIR	Unità di misura
Popolazione con accesso ad acqua potabilizzata	I – (Esp)	% popolazione
Popolazione servita da adeguati impianti fognari	I – (Esp)	% popolazione
Ricoveri per diarrea in età <5 anni	I – (Eff)	n. casi attribuibili
Numero epidemie da contaminazione di acquedotti	I – (Eff)	n. casi attribuibili

Suolo- Discariche/inceneritori

Indicatore	DPSIR	Unità di misura
Popolazione residente entro 4 Km da discariche	I – (Esp)	% popolazione
Nati con malformazioni congenite	I – (Eff)	n. casi attribuibili
Basso peso alla nascita	I – (Eff)	n. casi attribuibili

Aree ad alto rischio di esposizione ad amianto

Indicatore	DPSIR	Unità di misura
Popolazione residente entro 4 Km dalla sorgente esposizione	I – (Esp)	numero
Mortalità per mesotelioma maligno	I – (Eff)	n. casi attribuibili
Mortalità per asbestosi	I – (Eff)	n.casi attribuibili
Mortalità per tumore del polmone	I – (Eff)	n.casi attribuibili

Eventi naturali: Frane- alluvioni- valanghe

Indicatore	DPSIR	Unità di misura
Popolazione residente in zone a rischio per frane	I – (Esp)	numero
Deceduti per frane	I – (Eff)	n.deceduti
Popolazione residente in zone a rischio per alluvioni	I – (Esp)	numero
Deceduti per alluvioni	I – (Eff)	n. deceduti
Popolazione residente in zone a rischio per valanghe	I – (Esp)	numero
Deceduti per valanghe	I – (Eff)	n. deceduti

Segue Tabella 6 Indicatori demografico-sanitari secondo le componenti ambientali

Clima – Temperatura e Umidità

Indicatore	DPSIR	Unità di misura
Popolazione residente esposta a condizioni climatiche calde estreme	I – (Esp)	% popolazione
Mortalità generale	I – (Eff)	n. casi attribuibili

Agenti fisici: Rumore

Indicatore	DPSIR	Unità di misura
Popolazione residente Esposta a rumore superiore a 40 dBA	I – (Esp)	% popolazione
Popolazione infastidita dal rumore	I – (Eff)	% popolazione
Popolazione con disturbi del sonno determinati da rumore	I – (Eff)	% popolazione

Agenti fisici: Radiazioni Ionizzanti

Indicatore	DPSIR	Unità di misura
Popolazione residente esposta a Radon > 200 Bq/m ³	I – (Esp)	% popolazione
Tumore del polmone	I – (Eff)	n. casi attribuibili

Agenti fisici: Radiazioni Non ionizzanti, Inquinamento elettromagnetico

Indicatore	DPSIR	Unità di misura
Popolazione residente esposta a livelli di campo elettrico prodotto da impianti di teleradiocomunicazioni	I – (Esp)	% popolazione
Ricoveri leucemie infantili	I – (Eff)	n. casi attribuibili
Mortalità leucemie infantili	I – (Eff)	n. casi attribuibili

Agenti fisici: Ultra Violetti

Indicatore	DPSIR	Unità di misura
UV Light Index	I – (Esp)	
Ricoveri annuali per tumori della pelle	I – (Eff)	n. casi attribuibili

L'approfondimento

Traffico pesante ed effetti sulla salute. Il caso della Valdigne

8. IMPATTO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO SULLA SALUTE

8.1. Valutazione del rischio sanitario in quattro comuni della Valdigne

Negli ultimi anni si è diffusa una notevole preoccupazione per gli effetti sulla salute derivanti dal traffico pesante che attraversa il territorio della Valle d'Aosta e, in modo particolare, l'area in prossimità dell'ingresso al tunnel del Monte Bianco.

La sorveglianza sanitaria di queste aree riveste particolare importanza ai fini della tutela della salute pubblica e la valutazione dello stato di salute della popolazione residente è ritenuta essenziale anche ai fini della valutazione del rischio sanitario, tipicamente utilizzata in campo ambientale, che consiste nella misura di stime del rischio di eventi di salute sfavorevoli nelle popolazioni residenti in un'area geograficamente limitata e dovuti ad una specifica circostanza di inquinamento.

Coerentemente con quanto fin qui esposto ed utilizzando i dati e gli strumenti ad oggi disponibili è stata applicata la metodologia della valutazione del rischio sanitario (*Risk Assessment*) per valutare l'impatto dell'inquinamento atmosferico in quattro comuni della Valdigne interessati dal percorso verso il tunnel del Monte Bianco.

I quattro comuni interessati dallo studio sono Courmayeur, La Salle, Morgex e Prè St. Didier⁵³
54 .

Materiali e metodi

La metodologia di valutazione del rischio prevede quattro fasi che, applicate al caso in studio, sono:

- ✓ L'identificazione dell'agente ritenuto potenzialmente responsabile del problema di salute. In questo caso *le concentrazioni di PM₁₀*, cioè il particolato atmosferico con diametro aerodinamico inferiore a 10 micron, prodotto per il 60%-70% da emissioni da traffico veicolare, assunte come indicatore dell'inquinamento da traffico ed associate ad esiti di salute sfavorevoli in termini di patologie o morti ad esso potenzialmente attribuibili. Questa scelta è giustificata dalla forte relazione empirica dimostrata tra questa misura dell'inquinamento (PM₁₀) e vari effetti sulla salute. Si tratta tuttavia di un approccio che, in luogo di considerare gli effetti sulla salute come somma di tutti gli inquinanti nel loro insieme, ne considera uno solo per cui, anche se esiste una notevole correlazione tra il PM₁₀ e gli altri inquinanti (ad esempio i biossidi di azoto e di zolfo e l'ossido di carbonio) è probabile che il considerarne uno solo conduca ad una sottostima degli effetti reali dell'inquinamento considerato nel suo insieme.

⁵³ Il comune di La Thuile, seppure incluso nel territorio della Valdigne, non è stato considerato in quanto a margine rispetto l'asse viario principale percorso dai TIR.

⁵⁴ Si veda la mappa riportata nella III Relazione sullo Stato dell'Ambiente consultabile su:
http://www.arpa.vda.it/_download_pup.cfm?dwd=2873,1

- ✓ La valutazione della relazione dose-risposta. In questo caso la relazione dose risposta è data dalle *stime del rischio di malattia o morte per alcune patologie riportate nella letteratura nazionale ed internazionale sia per gli effetti a breve termine, sia per gli effetti a lungo termine.*
- ✓ La valutazione dell'esposizione. In questo caso l'esposizione è valutata con la *media annuale di PM₁₀, pari ad un valore di 25 ug/m3* calcolata considerando la media dei valori ottenuti nella stazione di Courmayeur negli ultimi anni disponibili⁵⁵. Per valutare l'esposizione sulla popolazione abbiamo assunto che *tutti gli abitanti dei quattro comuni della Valdigne siano stati mediamente esposti a questo livello.* L'assunzione corrisponde ad un approccio cautelativo che estende a tutto il territorio in studio la concentrazione rilevata in un sito di diretta prossimità stradale e soggetto pertanto a condizioni più critiche. *I valori assunti come riferimento del PM₁₀ sono duplici: sia quelli in assenza di inquinamento (7,5 ug/m3)⁵⁶, sia verso un livello normativo (20 ug/m3)⁵⁷; la differenza tra questo valore medio annuale (25 ug/m3) e i valori di riferimento assunti (7,5 ug/m3 e 20 ug/m3) è quindi, rispettivamente, di 17,5 ug/m3 e di 5 ug/m3; questi differenziali sono alla base delle stime di impatto.*
- ✓ La stima del rischio, in cui si valutano congiuntamente i parametri sin qui enunciati e si quantificano gli effetti attesi sulla popolazione in termini di *stima del rischio assoluto e di proporzione stimata di individui destinati potenzialmente ad ammalarsi, o a morire, per effetto dell'esposizione all'agente responsabile.* La stima del rischio ha riguardato sia gli effetti sul breve termine, sia gli effetti sul lungo termine, condotta attraverso l'analisi dei tassi di mortalità e dei tassi di ospedalizzazione per specifiche cause applicati ai residenti nei 4 comuni in studio sulla base dei trend storici già disponibili. Per entrambe le serie storiche utilizzate, mortalità e cause di ricovero, si rimanda ai dati già pubblicati a cura dell'Osservatorio regionale epidemiologico e per le politiche sociali⁵⁸.

Effetti a breve termine

La valutazione derivante dalle misure di mortalità a breve termine esprime numericamente la misura stimata del numero di decessi che si sarebbero risparmiati nella popolazione della Valdigne se si fossero registrati i livelli di inquinamento di riferimento (rispettivamente 7,5 ug/m3 e 20 ug/m3) invece dei 25 ug/m3 effettivi. Si tratta cioè di casi potenzialmente evitabili, o, detto in altri termini, da considerare in eccesso rispetto ai casi che si sarebbero registrati con i livelli di inquinamento di riferimento.

⁵⁵ Terza Relazione sullo Stato dell'Ambiente – 2005, par 2.11

⁵⁶ Kunzli N, Kaiser R, Medina S, et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795–801, cit.

⁵⁷ Direttiva 1999/30/CE: Direttiva del Consiglio concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo. (G.U.C.E. 29 giugno 1999 n. L 163)

⁵⁸ Atlante della mortalità in Valle d'Aosta 1980-2003 e Cause di ricovero in Valle d'Aosta 1997-1999 (www.regione.vda.it/sanita/oreps/pubblicazioni)

Mortalità per cause naturali

Per valutare la relazione con la mortalità a breve termine attraverso l'analisi dei dati disponibili per la Valle d'Aosta è stato utilizzato l'approccio di Ostro⁵⁹, che calcola una stima dei decessi attribuibili all'inquinamento utilizzando il valore medio del PM₁₀ sull'anno. La letteratura riporta⁶⁰ un aumento di rischio relativo (RR) corredato alla stima dell'intervallo di confidenza (I.C.)⁶¹ dello 0,3% (I.C. = 0% - 0,74%) nella mortalità per cause naturali⁶² per ogni incremento di 10 ug/m³ di PM₁₀.

Applicando questo approccio ai dati dei quattro comuni della Valle d'Aosta si ha:

rispetto ad un livello di riferimento di 7,5 ug di PM₁₀ (livello di base in assenza di inquinamento):

0,3 (%) x 17,5 / 10 = 0,54 % di eccesso di mortalità per tutte le cause naturali, che, considerando 70 morti annue per cause naturali nei quattro comuni in studio, corrisponde a 0,38 (I.C. = 0 - 0,91) decessi in eccesso, ascrivibili all'inquinamento all'anno.

rispetto ad un livello di riferimento di 20 ug di PM₁₀ (obiettivo di qualità per l'anno 2010):

0,3 (%) x 5 / 10 = 0,15 % di eccesso di mortalità, corrispondenti a 0,11 (I.C. = 0 - 0,26) decessi in eccesso, ascrivibili all'inquinamento all'anno.

Ricoveri per cause respiratorie

Nei quattro comuni in studio si verificano 94 ricoveri in media per anno per cause respiratorie⁶³. Lo studio MISA2⁶⁴ ha misurato in Italia un aumento del rischio di ricoveri per cause respiratorie dello 0,6% (I.C. = 0,22-1,05) per ogni 10 ug/m³ di PM₁₀.

Applicando questo approccio ai dati dei quattro comuni della Valle d'Aosta si ha:

rispetto ad un livello di riferimento di 7,5 ug di PM₁₀ (livello di base in assenza di inquinamento):

0,6 (%) x 17,5 / 10 = 1,05%, corrispondenti a 0,99 (I.C. = 0,36 - 1,73) ricoveri per cause respiratorie in eccesso all'anno, ascrivibili all'inquinamento;

rispetto ad un livello di riferimento di 20 ug di PM₁₀ (obiettivo di qualità 2010)

0,6 (%) x 5 / 10 = 0,3% corrispondenti a 0,28 (I.C. = 0,10 - 0,49) ricoveri per cause respiratorie in eccesso all'anno, ascrivibili all'inquinamento.

⁵⁹ Ostro B.; Chestnut L. Assessing the Health Benefits of Reducing Particulate Matter Air Pollution in the United States *Environmental Research*, Volume 76, Number 2, February 1998, pp. 94-106(13), Academic Press

⁶⁰ Biggeri A, Bellini P, Terracini B (Eds). MISA, Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico 1996-2002. *Epid Prev* 2004; 28 (Suppl): 1 - 100, cit.

⁶¹ Si è soliti parlare di Rischio in termini di rapporto tra il numero di eventi realmente osservato su una popolazione ed il numero atteso per quella stessa popolazione se su di essa agissero le condizioni presenti in una situazione scelta a confronto. E' indicato come RR o Rischio Relativo la percentuale in eccesso o in difetto esistente tra aree geografiche in studio al netto delle influenze esercitate dalla diversa composizione per età. Fatta pari ad 1 la condizione di Rischio non differenziale tra due aree o tra due popolazioni a confronto, un valore ad esempio del Rischio i RR=1.30 va letto come un aumento di rischio del 30% nel gruppo degli esposti. Per ogni valore del rischio RR è stimato un intervallo di confidenza (I.C.) al 95% (I.C.) che esprime i valori limite entro i quali si confida che si collochi il valore "vero" del rischio, con una probabilità del 95%.

⁶² Codice della Classificazione Internazionale delle malattie ICD-IX inferiore ad 800

⁶³ Codici a tre cifre della IX revisione della classificazione internazionale (ICD-9) delle malattie tra 460 e 519

⁶⁴ Vedi Appendice a pag. 83

Ricoveri per cause cardiache

Nei quattro comuni in studio si osservano 209 ricoveri in media per anno per cause cardiovascolari⁶⁵. Lo studio MISA2 ha misurato in Italia un aumento del rischio dei ricoveri per cause respiratorie pari allo 0,29% (I.C.= 0,22-1,05) per ogni 10 ug/m³ di PM₁₀.

Applicando questo approccio ai dati dei quattro comuni della Valle d'Aosta si ha:

rispetto ad un livello di riferimento di 7,5 ug di PM₁₀ (livello di base in assenza di inquinamento):

0,29 (%) x 17,5 / 10 = 0,51%, corrispondenti a 1,06 (I.C.= 0 - 2,16) ricoveri per cause cardiovascolari in eccesso, ascrivibili all'inquinamento all'anno;

rispetto ad un livello di riferimento di 20 ug di PM₁₀ (obiettivo di qualità 2010)

0,29 (%) x 5 / 10 = 0,14 % corrispondenti a 0,15 (I.C.= 0 - 0,62) ricoveri per cause cardiovascolari in eccesso all'anno, ascrivibili all'inquinamento.

Effetti a lungo termine

La valutazione derivante degli effetti a lungo termine, stima il numero di decessi di coloro che si ammalano come conseguenza di una lunga residenza (almeno 20 anni, se paragonata alla durata degli studi di coorte utilizzati nella letteratura scientifica) nei quattro comuni della Valdigne.

Mortalità per cause naturali

Per stimare gli effetti a lungo termine dell'inquinamento atmosferico nei quattro comuni in studio è stato utilizzato l'approccio di Kunzli⁶⁶, che ha stimato gli effetti del PM₁₀ in tre paesi europei: Austria, Francia e Svizzera^{67 68}. La letteratura riporta un aumento di rischio dello 4,3% nella mortalità totale, corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) pari ad 1,043 (I.C.= 1,026 – 1,061) per ogni 10 ug /m³ di questo inquinante.

Se consideriamo che il livello di PM₁₀ in aree non inquinate è stimato intorno ai 7,5 ug/m³, per la Valdigne avremo un eccesso di 17,5 ug/m³ di questo inquinante.

Se ci riferiamo agli obiettivi di qualità dell'aria per il 2010, fissati in 20 ug/m³, abbiamo invece un eccesso di 5 ug/m³.

Produrremo quindi, nel primo caso (7,5 ug/m³), stime riferite ad un livello molto inferiore agli obiettivi di qualità della CEE, (lo stesso comunque utilizzato nelle stime di Kunzli per Austria, Francia e Svizzera), nel secondo caso (20 ug/m³) stime rispetto ad un livello di poco inferiore alle rilevazioni attuali.

⁶⁵ Codici a tre cifre della IX revisione della classificazione internazionale (ICD-9) delle malattie tra 390 e 459

⁶⁶ Kunzli N, Kaiser R, Medina S, et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795–801, cit.

⁶⁷ Si tratta di un lavoro ben conosciuto in ambito internazionale, discusso e validato sotto l'aspetto metodologico, utilizzato (con opportuni adattamenti) anche in Italia in uno studio condotto dall'Ufficio Regionale per l'Europa, sede di Roma, dell'Organizzazione Mondiale della Sanità

⁶⁸ Martuzzi M et al. (2002). Health impact assessment of air pollution in the eight major Italian cities. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, (EURO/02/5040650; <http://www.euro.who.int/document/e75492.pdf>)

Considerato un incremento di rischio di 1,043 come valutato da Kunzli, il rischio relativo rispetto ad un livello di riferimento di 7,5 ug/m³ è di 1,04, cui corrisponde una stima di 4,7 (I.C.= 3-6,3)⁶⁹ morti annui per cause naturali. Facendo riferimento ad un livello di base di 20 ug/m³ si hanno invece di 1,4 (I.C.= 0,9 –1,9) morti annuali in eccesso.

Ricoveri per cause respiratorie.

Nei 4 comuni in studio si registra una media annua⁷⁰ di 94 ricoveri per cause respiratorie.

La letteratura scientifica stima un incremento del rischio dello 1,3%, corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,013, (I.C.= 1,001 –1,025) per ogni 10 microgrammi/m³ di questo inquinante.

Utilizzando l'approccio a lungo termine il valore ottenuto è di 2,1 ricoveri (I.C.= 0,2 - 3,8) rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m³ e di 0,6 ricoveri (I.C.= 0,1 -1,1) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m³.

Ricoveri per cause cardiache

Nei 4 comuni in studio si registra una media annua di ricoveri per cause cardiovascolari di 209 eventi.

La letteratura scientifica stima un incremento del rischio relativo dello 1,2% corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,012, (I.C.= 1,0065 – 1,0186) per ogni 10 microgrammi/m³ di questo inquinante.

Utilizzando l'approccio a lungo termine il valore ottenuto è di 4,4 ricoveri eccedenti (I.C.= 2,3 - 6,5) rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m³ e di 1,3 ricoveri eccedenti (con limite fiduciale da 0,7 a 1,9) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m³.

Nuovi casi di bronchite cronica in persone di più di 25 anni di età

Per questa valutazione è necessario utilizzare completamente l'approccio di Kunzli non esistendo misure di incidenza di bronchite in Italia. Le stime di rischio utilizzate indicano un incremento dello 9,8% corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,098, (I.C.= 0,087-1,945)

Utilizzando queste stime di rischio, analogamente a quanto svolto per la mortalità a lungo termine, si ottiene 0,5 nuovi casi in eccesso rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m³ e 0,2 nuovi casi in più rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m³.

⁶⁹ Valutata mediante la formula $(RR - 1) / RR$, ove RR è il rischio relativo

⁷⁰ Anno 2001

Episodi di bronchite acuta nei giovani al di sotto dei 15 anni

Anche per questa valutazione è necessario utilizzare completamente l'approccio di Kunzli. È indicato in letteratura un aumento di rischio relativo del 30%, corrispondente ad un valore di rischio relativo (RR) di 1,30 di episodi di bronchite nei bambini per ogni aumento di 10 ug/m³ di PM₁₀.

La prevalenza di bronchite rilevata nello studio italiano su disturbi respiratori dell'infanzia⁷¹ è del 10%.

Utilizzando i parametri indicati ai comuni della Valdigne si ottengono 30 (I.C.= 19-35) episodi in più all'anno di bronchite rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m³ e 11 (I.C.= 6-15) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m³.

Attacchi di asma nei giovani al di sotto dei 15 anni

Per questa valutazione è necessario usare il documento OMS e le stime di Kunzli, non esistendo misure dirette italiane. Questi documenti indicano un aumento relativo dello 5,1% corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,051 (OMS) e 1,044 (Kunzli) di attacchi di asma nei bambini per ogni aumento di 10 ug/m³ di PM₁₀.

La prevalenza stimata di attacchi d'asma è dello 0,3% nella popolazione al di sotto dei 15 anni.

Utilizzando i parametri indicati ai comuni della Valdigne si ottengono 27 (I.C.= 25-29) episodi in più all'anno di bronchite rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m³ e 8 (I.C.= 8-9) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m³.

Attacchi di asma negli adulti

Per questa valutazione è stato usato il documento OMS che riporta un aumento relativo dello 0,4%, corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,004 (I.C.= 1-1,008) per ogni aumento di 10 ug/m³ di PM₁₀.

Utilizzando i parametri indicati ai comuni della Valdigne si ottengono 9 (I.C.= 0-19) episodi in più all'anno di attacchi d'asma negli adulti rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m³ e 3 (I.C.= 0-5) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m³.

Numero di giorni a limitata attività per bronchite negli adulti al di sopra dei 20 anni.

In questa sezione si stima il tempo di malattia per bronchite, calcolato in giorni in cui un individuo non può dedicarsi alle occupazioni abituali perché costretto a letto oppure con sintomi che ne limitano l'attività normale. Sia lo studio dell'OMS sia quello condotto da Kunzli indicano per questo genere di danno un aumento del rischio dello 9,4%, corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,094 per ogni aumento di 10 ug/m³ di PM₁₀ di giorni persi⁷² che possono ripetersi più volte per lo stesso individuo. Utilizzando i parametri ai quattro comuni della Valdigne

⁷¹ Galassi C, De Sario M, Forastiere F (Eds). SIDRIA-2. *Epidemiol Prev.* 2005;29 (Suppl):1-96.

⁷² In questo caso l'aumento è espresso in giorni e non in numero di individui in più soggetto ad ammalarsi

indicati si ottengono 2.232 (I.C.= 1,949-2,498) episodi (giorni) in più all'anno di bronchite rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m³ e 709 (I.C.= 610-806) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m³.

Conclusioni della valutazione del rischio sanitario

La valutazione di impatto applicata a diverse concentrazioni di PM₁₀ nei quattro comuni della Valdigne ci consente di valutare quale sarebbe stato l'effetto atteso sulla salute, misurato come potenziale eccesso nel numero di morti e di ricoveri per patologie specifiche, a breve e a lungo termine, derivante dall'entità del differenziale tra i livelli di inquinamento misurati e quelli presi a riferimento, pari a due obiettivi di qualità dell'aria (uno naturale e uno normativo).

Più precisamente, per quanto riguarda la valutazione a breve termine, se le concentrazioni medie annue di PM₁₀ avessero raggiunto i valori di base di 7,5 ug/m³ (che qualificano l'assenza di inquinamento), o fossero state contenute a 20 ug/m³ (obiettivo comunitario per il 2010), invece dei 25 ug/m³ *misurati*, si avrebbe avuto come effetto a breve termine un risparmio medio annuale di:

- ✓ 0,38 decessi (con PM₁₀ = 7,5 ug/m³ e un differenziale di 17,5 ug/m³)
- ✓ 0,11 decessi (con PM₁₀ = 20 ug/m³ e un differenziale di 5 ug/m³)

cioè meno di un caso all'anno, su 70 osservati, in entrambi i casi.

Per quanto riguarda invece la valutazione a lungo termine, utilizzando le stime di rischio dei principali studi di coorte americani di durata ventennale, per concentrazioni di inquinanti stabilmente ridotte, il risparmio di vite umane è lievemente più consistente e pari a:

- ✓ 5 decessi (con PM₁₀ = 7,5 ug/m³)
- ✓ 1 decesso (con PM₁₀ = 20 ug/m³)

per anno, su 70 osservati.

E' doveroso avvertire che si tratta di modelli di studio che danno origine a stime difficilmente verificabili mediante i dati reali, in quanto si tratta di stime al limite della capacità di misura con strumenti epidemiologici. Sul lungo periodo, infatti, permanendo un trend generale di riduzione della mortalità per effetto delle migliorate condizioni di vita e dei continui progressi in campo medico, è difficile misurare l'effetto specifico attribuibile al solo inquinamento atmosferico. Si tratta inoltre di valori che sono difficilmente rilevabili in una popolazione di soli 120.000 abitanti, in quanto possono confluire nelle oscillazioni annue casuali osservate della mortalità valdostana.

Oltre a ciò è doveroso avvertire sulla temporalità dei benefici attesi: se da un lato è lecito assumere, in base alle evidenze esistenti, che ridurre mediamente le dosi degli inquinanti condurrà a futuri guadagni di salute, talvolta anche superiori all'atteso⁷³, dall'altro non è possibile determinare esattamente in quale periodo si otterranno i risultati previsti, a causa degli effetti a

⁷³ Laden F et al. Reduction in fine particulate air pollution and mortality extended follow up of Harvard Six Cities Study. *American Journal of Epidemiology and Community Health*, 173 (6):667-672, 2006

lungo termine che essi generano sulla salute, che comportano periodi di latenza stimabili nell'ordine di molti anni.

Ciononostante, l'indicazione di una stima di beneficio potenziale, misurata in termini di riduzione nel numero di morti ha il suo valore intrinseco di valore atteso ideale. Con questo presupposto vanno letti i valori della tabella di seguito presentata.

La Tabella 7 riporta un riepilogo delle stime di impatto medie annuali dei livelli di inquinamento attuale nei quattro comuni della Valdigne ed indica quale vantaggio è lecito attendersi teoricamente dalla riduzione delle concentrazioni di PM₁₀, rispettivamente a 7,5 ug/m³ ed a 20 ug/m³, a breve e a lungo termine, sulla mortalità e sui ricoveri attribuibili per causa.

Si tratta tuttavia di valori utili ed appropriati qualora si volessero considerare, ad esempio, gli effetti sulla mortalità attesa in presenza di una riduzione temporanea (di mesi o pochi anni) degli inquinanti nei quattro comuni della Valdigne.

Tabella 7. Riepilogo delle stime di impatto medie annuali dell'inquinamento attuale (anno 2005) nella Valdigne (pari a 25 ug/m³) rispetto ai due scenari di riferimento

Effetti a breve termine

Cause in esame (Differenziale)	Rispetto a 7,5 ug/m ³ * (17,5 ug/m ³)	Rispetto a 20 ug/m ³ * (5 ug/m ³)
Mortalità per cause naturali Effetti immediati	0,38 (0-0,91)	0,11 (0-0,26)
Ricoveri/anno per cause respiratorie	0,99 (0,36-1,73)	0,28 (0,10-0,49)
Ricoveri/anno per cause cardiache	1,06 (0-2,16)	0,30 (0-0,62)

Effetti a lungo termine (con una residenza di almeno 20 anni)

Cause in esame (Differenziale)	Rispetto a 7,5 ug/m ³ * (17,5 ug/m ³)	Rispetto a 20 ug/m ³ * (5 ug/m ³)
Mortalità per cause naturali	5 (3-6)	1 (1-2)
Ricoveri/anno per cause respiratorie	2 (0-4)	1 (0-1)
Ricoveri/anno per cause cardiache	5 (3-7)	1 (1-2)
Nuovi casi/anno di bronchite cronica	1 (0-1)	0,17 (0,02-0,30)
Episodi di bronchite acuta nei bambini	30 (19-35)	11 (6-15)
Attacchi di asma nei bambini	27 (25-29)	8 (8-9)
Attacchi di asma negli adulti	9 (0-19)	3 (0-5)
Giorni di attività lavorativa persi	2232 (1949-2498)	709 (610-806)

* tra parentesi sono riportati i valori dell'intervallo di confidenza al 95%

8.2. Variazioni di inquinanti ed effetti rilevati sulla salute: la chiusura del tunnel del Monte Bianco

A complemento della valutazione di impatto sulla salute delle popolazioni di quattro comuni della Valdigne (Courmayeur, La Salle, Morgex e Pré-Saint-Didier) a fronte di due livelli di PM₁₀, in questa sezione vengono presentati i risultati di un'analisi condotta per misurare le variazioni nei ricoveri e nella mortalità, specifici per causa, secondo diversi periodi temporali.

L'ipotesi generale che abbiamo sottoposto a verifica è che si osservi una variazione di segno negativo nei tassi di ospedalizzazione e di mortalità specifici per causa, al variare (dello stesso segno) delle concentrazioni di inquinante nell'aria.

Trattandosi di uno studio descrittivo non viene ricercata l'associazione tra i livelli di esposizione di un inquinante, misurati con un approccio geografico, e lo stato di salute della popolazione residente, ma ci si limita a registrare eventuali variazioni intervenute con l'obiettivo di dare spunto ad ulteriori approfondimenti di indagine.

Al fine di riconoscere le variazioni di inquinamento atmosferico è stato individuato un evento particolarmente significativo per le implicazioni sul traffico pesante:

la chiusura totale al traffico nel Tunnel del Monte Bianco a seguito dell'incendio del 24 marzo 1999, con conseguente periodo di fermo fino al 9 marzo 2002 per le auto, e fino al 25 giugno dello stesso anno per il traffico pesante, con una riapertura a senso unico alternato.

A fronte di questo evento sono ipotizzabili delle variazioni del livello di inquinamento atmosferico in quanto si stima che i livelli di flusso di traffico veicolare siano responsabili, in generale, del 66 % del totale delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) in Valle d'Aosta⁷⁴.

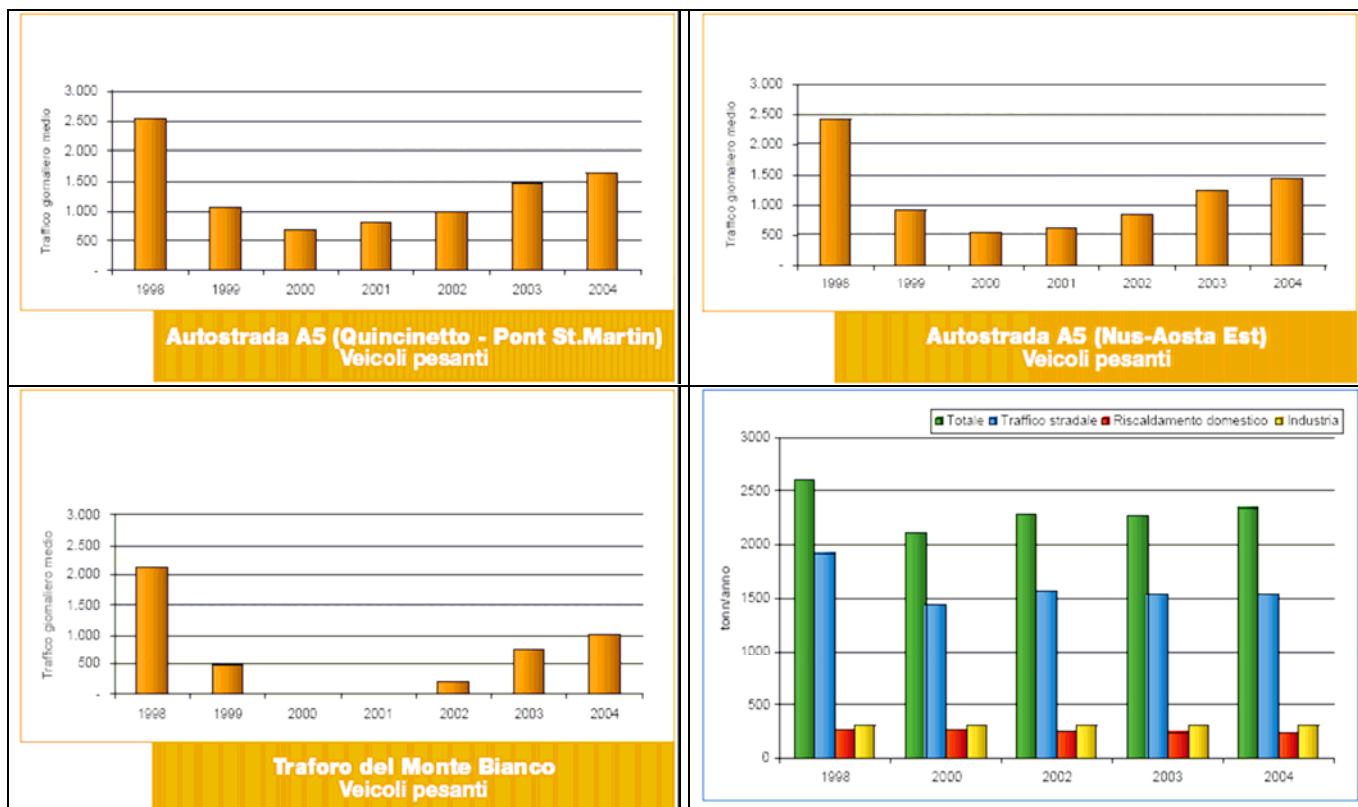
Nella citata III Relazione sullo Stato dell'Ambiente in Valle d'Aosta, relativa all'anno 2005, sono riportati a tal riguardo i grafici, qui presentati nelle figure da 19 a 22, dai quali si nota una netta riduzione del traffico, in particolare di quello pesante, in corrispondenza del 1999 ed una prevedibile ripresa, a partire dal 2002-2003, come conseguenza della riapertura del tunnel.

L'impatto unitario dei veicoli pesanti secondo le emissioni dei gas di scarico misurate dall'ARPA, segnano comunque un miglioramento nel tempo⁷⁵ ed il ritorno dei mezzi pesanti, seppure con volume dimezzato rispetto a quello degli anni precedenti l'incidente, non ha comportato un proporzionale aumento di inquinante, verosimilmente anche per effetto dell'adeguamento dei motori dei mezzi pesanti alla normativa europea (Euro 3 ed Euro 4), sancito anche dalle disposizioni che regolamentano i passaggi attraverso la rete viaria autostradale della Valle d'Aosta.

⁷⁴ Sito internet dell'ARPA Valle d'Aosta <http://www.arpa.vda.it/index.cfm?ambiente=1,107,0,0>

⁷⁵ Terza Relazione sullo Stato dell'Ambiente – 2005, par. 2.3

Figure 19-22. Volumi di traffico autostradale ed emissioni di ossidi di azoto (NO_x) per anno⁷⁶



Una misura indiretta delle variazioni di esposizione della popolazione a gas inquinanti può quindi essere interpretata dai periodi temporali, per i quali si pongono a confronto le misure di occorrenza di eventi sanitari indicativi come i ricoveri e i decessi per specifiche cause, rilevabili attraverso due fonti, disponibili anche in ambito regionale:

- ✓ *l'archivio delle dimissioni ospedaliere*, per l'analisi delle cause di ricovero dei valdostani ovunque ricoverati in Italia nel periodo dal 1997 al 2004;
- ✓ *l'archivio delle cause di morte* dell'ISTAT per il periodo 1997-2003 e quello regionale del Registro regionale delle cause di morte, per gli anni 2004 e 2005 riferiti sempre alla popolazione residente.

Al fine di associare le variazioni di inquinamento atmosferico alle possibili variazioni nei tassi di ospedalizzazione o di morte per cause specifiche, sono stati individuati dei "periodi tipo" sulla base dei quali condurre l'analisi ed operare confronti geografici e temporali.

La scelta dei periodi di osservazione è stata vincolata, oltre che dall'ipotesi in studio, anche dalla struttura attuale degli archivi, che ha permesso di distinguere:

- ✓ *per le cause di ricovero*, i periodi: da gennaio 1997 a giugno 1999 (corrispondenti a prima della chiusura del tunnel del Monte Bianco), da luglio 1999 a giugno 2002 (corrispondenti al

⁷⁶ Terza Relazione sullo Stato dell'Ambiente – 2005, parr. 1.4, 2.6

periodo di chiusura del tunnel), da luglio 2002 a dicembre 2004 (corrispondenti alla riapertura del tunnel);

- ✓ *per i dati di mortalità*, i periodi: dal 1997 al 1999, (corrispondente a prima della chiusura del tunnel del Monte Bianco), dal 2000 al 2002 (corrispondente al periodo di chiusura del tunnel), dal 2003 al 2005 (corrispondente alla riapertura del tunnel).

Analisi delle cause di ricovero

Per quanto riguarda le patologie da ricovero oggetto di analisi, queste devono essere conseguenti ad ipotesi causali legate all'inquinamento e, per essere rilevabili nei sistemi informativi disponibili, devono riguardare fenomeni acuti in soggetti sensibili. Infatti, eventuali variazioni temporali degli effetti della chiusura del traforo su intervalli triennali non possono essere ricercati in patologie croniche o con lunghi tempi di latenza.

Sono state quindi fatte oggetto di analisi le patologie:

- ✓ *del sistema respiratorio* e, tra queste, le malattie acute delle prime vie aeree⁷⁷ in età pediatrica e tra gli anziani,
- ✓ *del sistema circolatorio* e, tra queste, le malattie ischemiche del cuore⁷⁸ tra gli anziani.

Nel corso delle analisi di sottogruppi di popolazioni alcune di queste patologie sono state poi trascurate a causa del numero insufficiente di eventi, così come un ridotto numero di casi ha impedito l'analisi della distribuzione nel tempo dei casi di asma tra i bambini.

Più precisamente quindi, lo studio intende porre in luce eventuali variazioni delle patologie in analisi sotto l'ipotesi che la chiusura del traforo del Monte Bianco abbia portato ad una riduzione dei tassi di ospedalizzazione, ipotizzati maggiormente reattivi a variazioni della qualità dell'aria, nella seconda metà del 1999 fino alla prima metà del 2002, per poi eventualmente riprendere nell'ultimo periodo disponibile.

Dall'analisi territoriale è stata esclusa la città di Aosta, la cui specificità urbana, unita alla presenza nel capoluogo dell'ospedale regionale, sappiamo modificare significativamente la propensione al ricovero indipendentemente dai livelli di inquinamento⁷⁹, alterando il nesso di causalità ricercato in questo studio. Inoltre, il peso che la popolazione residente ad Aosta apporta al numero totale di ricoveri (il 38%) può oscurare variazioni di minore entità, non apprezzabili se confrontate con Aosta, ma interessanti per il resto del territorio regionale.

⁷⁷ Codici a tre cifre della IX revisione della classificazione internazionale (ICD-9) delle malattie tra 460 e 466

⁷⁸ Codici a tre cifre della IX revisione della classificazione internazionale (ICD-9) delle malattie tra 410 e 414

⁷⁹ Vedi dati contenuti nella pubblicazione a cura dell'Osservatorio Regionale Epidemiologico e per le Politiche sociali (OREPS) "Cause di ricovero in Valle d'Aosta 1997-1999" (www.regione.vda.it/sanita/oreps/pubblicazioni)

Per poter attribuire eventuali variazioni nel tempo nei ricoveri specifici alla sola ipotesi causale dell'inquinamento⁸⁰, si è ricorso a misure proporzionali standardizzate⁸¹ che mettono in evidenza le variazioni intervenute nelle patologie correlate all'inquinamento atmosferico sul totale dei ricoveri⁸².

Le analisi proporzionali, condotte sui tre periodi di interesse per questo studio, producono i risultati descritti nella Tabella 8 e raffigurati nelle figure da 23 a 28.

Tabella 8. Ospedalizzazione proporzionale per cause e fasce di età, secondo i periodi in analisi

Malattie dell'apparato respiratorio, 0-14 anni				Malattie acute prime vie aeree, 0-14 anni			
Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%		Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%	
gen 1997 - giu 1999	14,6	13,7	15,5	gen 1997 - giu 1999	4,0	3,4	4,5
lug 1999 - giu 2002	16,8	15,8	17,8	lug 1999 - giu 2002	4,7	4,2	5,3
lug 2002 - dic 2004	15,3	14,0	16,6	lug 2002 - dic 2004	3,5	2,8	4,2

Malattie dell'apparato respiratorio, 65 anni ed oltre				Malattie acute prime vie aeree, 65 anni ed oltre			
Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%		Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%	
gen 1997 - giu 1999	16,0	15,4	16,7	gen 1997 - giu 1999	1,0	0,9	1,2
lug 1999 - giu 2002	15,3	14,8	15,9	lug 1999 - giu 2002	0,8	0,7	1,0
lug 2002 - dic 2004	15,6	15,0	16,2	lug 2002 - dic 2004	0,7	0,5	0,8

Malattie del sistema circolatorio, 65 anni ed oltre				Malattie ischemiche del cuore, 65 anni ed oltre			
Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%		Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%	
gen 1997 - giu 1999	44,1	43,2	45,0	gen 1997 - giu 1999	8,6	8,1	9,1
lug 1999 - giu 2002	46,8	46,0	47,5	lug 1999 - giu 2002	9,6	9,1	10,0
lug 2002 - dic 2004	50,1	49,3	50,9	lug 2002 - dic 2004	10,9	10,4	11,4

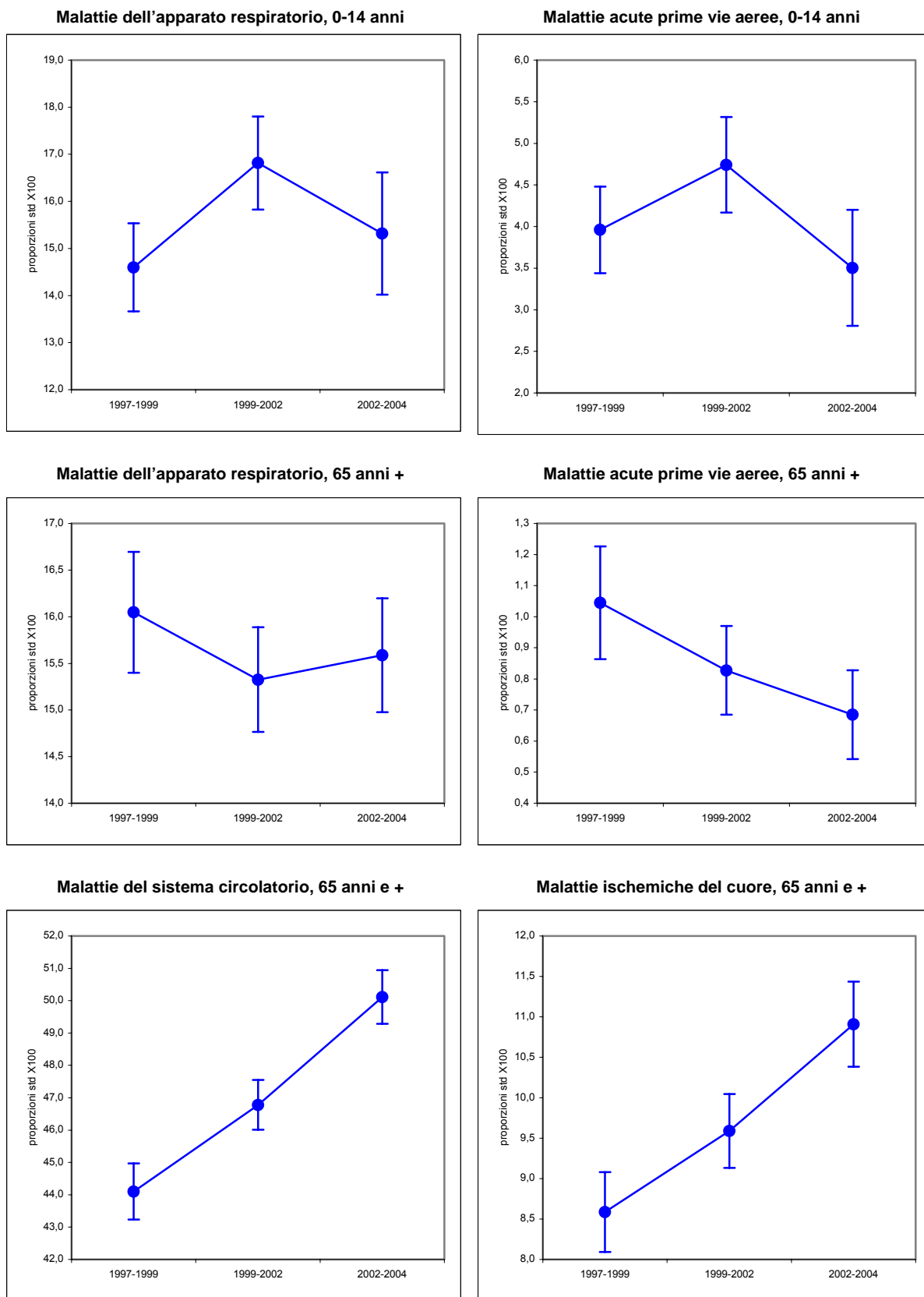
Come esemplificato anche dalle figure che seguono, ed evidenziato in grigio nella tabella, si registra un debole decremento in corrispondenza del periodo di chiusura del tunnel (luglio 1999 - giugno 2002) solo tra gli anziani ultrasessantacinquenni e per le sole patologie dell'apparato respiratorio, mentre non può essere confermata l'ipotesi di una riduzione di tutti i tassi di ospedalizzazione durante il periodo di chiusura del tunnel.

⁸⁰ Al netto cioè delle variazioni generali intervenute in questi anni nei tassi di ospedalizzazione che hanno subito una flessione a seguito di una politica sanitaria di offerta di servizi tendente a ridurre la permanenza in ospedale al più breve tempo possibile per favorire forme di assistenza in continuità assistenziale sul territorio o presso il domicilio

⁸¹ Per rendere confrontabili le proporzioni tra i diversi periodi è stato utilizzato un sistema di pesi di standardizzazione comune, costituito dall'ospedalizzazione per età in Valle d'Aosta nel periodo 1997-2004

⁸² Dal denominatore sono stati esclusi gli interventi di cataratta nella popolazione anziana, il cui alto numero relativo (6.2% del totale dei ricoveri), variato inoltre nel tempo (+144%), può deformare la composizione proporzionale dei fenomeni di interesse.

Figure 23-28. Ospedalizzazione proporzionale per cause e fasce di età, secondo i periodi in analisi



Poiché gli andamenti temporali sinora presentati riguardano l'intero territorio regionale, si è ritenuto di dovere avviare una seconda linea di analisi al fine di rilevare gli andamenti specifici dei ricoveri nelle popolazioni residenti nelle aree prossime alla viabilità autostradale (comuni del fondo Valle).

Si è quindi proceduto al confronto tra periodi delle proporzioni di ricovero nei comuni a cui sono attribuiti i livelli crescenti di esposizione ad inquinanti atmosferici rilevati nel 2004, di cui il biossido di azoto (NO₂) è un componente.

La caratterizzazione dei territori comunali secondo i livelli di inquinamento da NO₂ a cui la popolazione si stima sia esposta, è avvenuta con un processo di analisi geografica⁸³.

Per le ragioni già esposte, anche in questo caso è stata esclusa dall'analisi la città di Aosta e l'analisi ha interessato gli altri 73 comuni classificati in base a quattro livelli di inquinamento :

NO₂ = 1 (che corrisponde al livello più basso di inquinamento registrato)

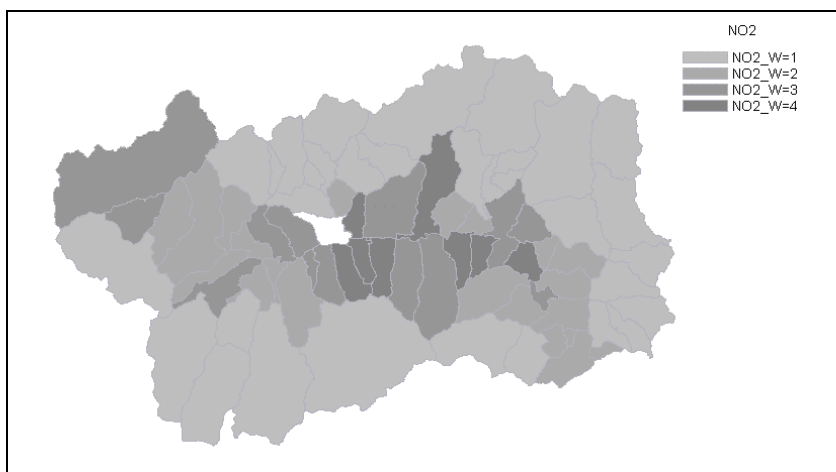
NO₂ = 2

NO₂ = 3

NO₂ = 4 (che corrisponde al livello più alto di inquinamento registrato)

La figura 29 rappresenta la distribuzione sul territorio regionale dei comuni per livelli di inquinamento da biossido di azoto (NO₂).

Figura 29. Assegnazione dei comuni, esclusa Aosta, ai quartili di livello di inquinamento stimato da NO₂



⁸³ La rappresentazione vettoriale degli edifici residenziali regionali è stata sovrapposta a quella dei modelli di diffusione del biossido di azoto e dei limiti comunali regionali. E' stato così possibile attribuire ad ogni singolo edificio sia comune di appartenenza, sia il livello di inquinante stimato. Considerando l'area dell'edificio di civile abitazione un indicatore indiretto (proxi) del numero di soggetti esposti, la proporzione pesata per area degli edifici esposti ai vari livelli di NO₂, è stata suddivisa in quartili di distribuzione, al fine di poter assegnare ad ciascun comune una misura discreta di esposizione. In questo modo l'attribuzione dei comuni ai quattro livelli di inquinamento è stata effettuata considerando la collocazione fisica degli edifici, raggruppati in nuclei abitati, normalmente più prossimi ai fondo valle, ovvero ai livelli maggiori di inquinamento

Come dimostrato dai dati forniti dall' ARPA della Valle d'Aosta, i livelli di inquinante non hanno tuttavia mai superato i valori soglia prescritti, se non in alcuni giorni durante l'anno nella zona di Aosta città⁸⁴.

I valori utilizzati sono quindi una media annuale delle misure effettuate.

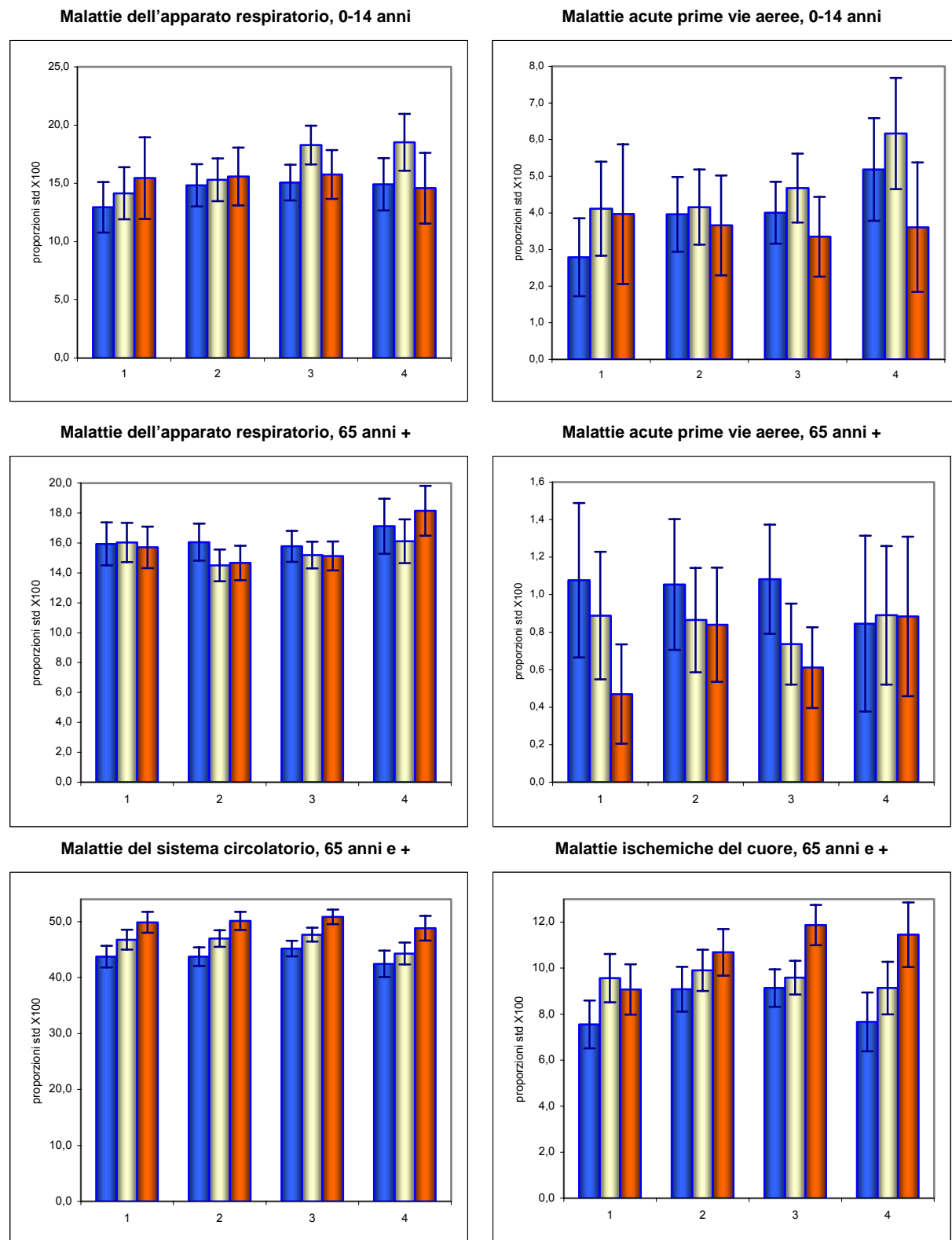
Gli esiti dell'analisi condotta sulle proporzioni di ricoveri dovuti all'inquinamento rispetto al totale dei ricoveri, in base ai quattro livelli crescenti di concentrazione di inquinante, sono descritti nelle immagini da figura 30 a figura 35.

Per facilitarne la lettura si precisa che l'insieme è composto da sei figure, corrispondenti ciascuna ad un insieme di malattie che hanno causato il ricovero, distinte per età (anziani e bambini). Al proprio interno, ogni figura è composta da gruppi di 4 istogrammi, corrispondenti ai livelli crescenti di concentrazione di biossido di azoto (NO₂ da 1 a 4). Ogni istogramma è composto da tre elementi, riferiti ai tre periodi temporali interessati dallo studio, che corrispondono al tempo antecedente la chiusura del tunnel (gennaio 1997-giugno 1999), alla chiusura stessa (luglio 1999-giugno 2002), alla riapertura (luglio 2002-dicembre 2004) e riconoscibili per le diverse tonalità di grigio.

Il valore assunto dalla misura proporzionale standardizzata è espresso su base 100 ed è indicato dall'altezza di ciascun istogramma mentre il segmento verticale posto in cima delimita i limiti dell'intervallo di confidenza della stima.

⁸⁴ Terza Relazione sullo Stato dell'Ambiente – 2005, par. 2.10

Figure 30-35. Proporzioni di ospedalizzazione per cause e fasce di età, secondo 4 livelli di esposizione



Legenda: 1-4: livelli di esposizione a NO₂

■ gen97-giu99 ■ lug99-giu00 ■ lug02-dic04

Anche secondo questa seconda linea di analisi, la verifica dell'ipotesi in base alla quale il periodo di chiusura del tunnel avrebbe determinato una diminuzione dei ricoveri per le patologie attribuibili all'inquinamento nei bambini e negli anziani non può essere confermata nel suo insieme.

Si osserva, per altro, una diminuzione assoluta della proporzione di ricoveri nel periodo di chiusura del tunnel solo per le malattie dell'apparato respiratorio tra gli anziani residenti nei comuni con livello di esposizione ad inquinante elevato ($\text{NO}_2 = 4$), sebbene non in misura statisticamente significativa⁸⁵.

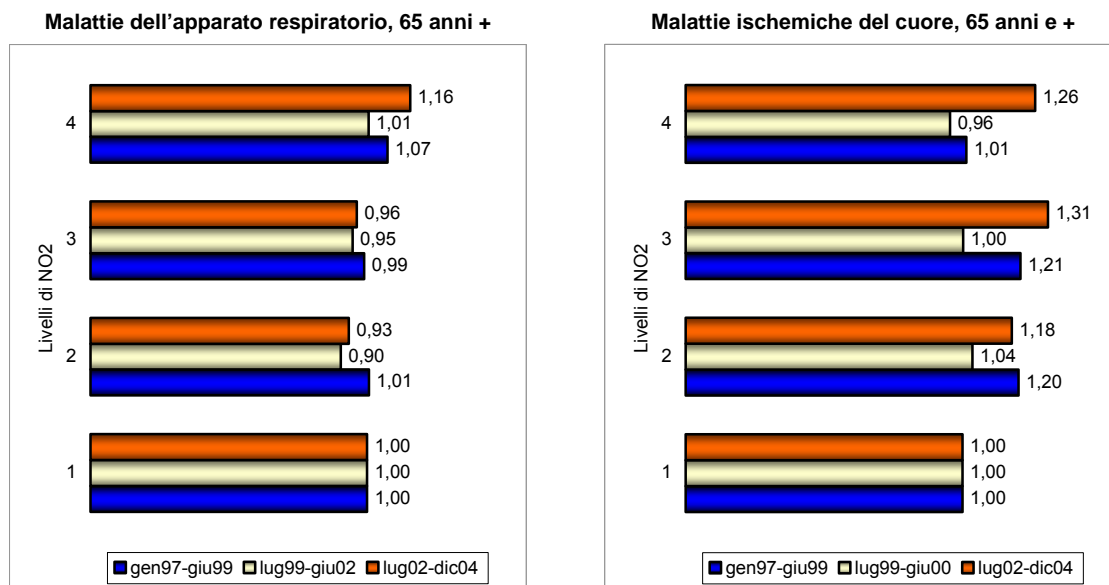
In conseguenza di questi risultati, per evidenziare oltre alle diminuzioni assolute anche quelle relative dell'effetto dell'esposizione a concentrazioni crescenti di inquinante, si è considerato il livello di esposizione basso ($\text{NO}_2 = 1$), come valore base di riferimento e posto pari ad 1, e si sono misurati i valori, in eccesso ed in difetto, della proporzione di ricoveri per malattie dell'apparato respiratorio e malattie ischemiche del cuore tra gli anziani nei tre periodi oggetto di studio.

Si registra in questo modo, in corrispondenza del periodo di chiusura del tunnel (luglio 1999-giugno 2002), una diminuzione, oltre che per le malattie respiratorie, rilevabile in termini assoluti, anche una riduzione per malattie ischemiche del cuore, come mostrano i grafici delle figure 36 e 37.

La figura 37, relativa ai ricoveri per malattie ischemiche del cuore negli anziani, può quindi essere letta nel modo seguente: rispetto ai comuni che registrano il livello più basso di inquinamento ($\text{NO}_2 = 1$), la proporzione di ospedalizzazione mediamente cresce per i comuni esposti ai livelli più alti, ma tale crescita non è omogenea nel tempo: mentre per il periodo da luglio 2002 a dicembre 2004 i comuni con livello più alto di inquinante ($\text{NO}_2 = 4$) registrano una proporzione aggiuntiva di rischio del 26% rispetto ai comuni di livello più basso di inquinante, nel periodo di chiusura i comuni con livello più alto di inquinante registrano una proporzione di ricoveri attribuibili ridotta del 4% rispetto ai comuni di livello più basso di inquinante, più lontani dal fondo Valle (vedi Figura 29).

⁸⁵ La significatività statistica consente di escludere l'effetto del caso nell'evento osservato. Un evento osservato può non essere statisticamente significativo semplicemente perché basato su una numerosità non adeguata

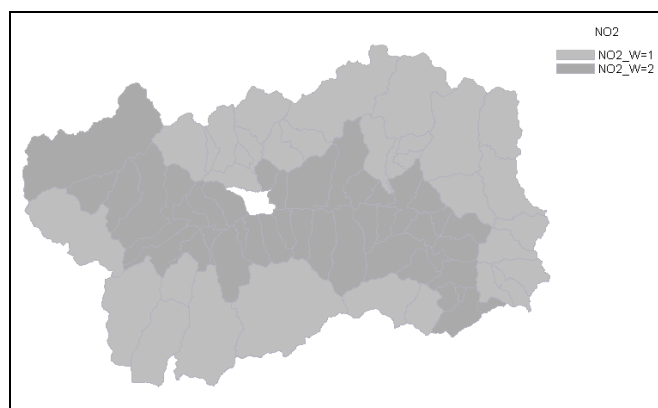
Figure 36-37. Rapporto tra proporzioni di ospedalizzazione per cause e fasce di età, secondo 4 livelli di inquinamento e periodi.



Risultando di interesse questo indirizzo di indagine, si è proceduto ad una terza linea di analisi: sono stati ridotti a soli due i livelli di esposizione (NO₂ = 1 che corrisponde al livello più basso di inquinamento ed NO₂ = 2 che corrisponde al livello più alto di inquinamento e somma i precedenti livelli 2,3 e 4) per indagare se, gli effetti sulla salute non emersi, o emersi debolmente nelle precedenti analisi, acquistano forza raggruppando secondo questo nuovo criterio i comuni per livelli di esposizione superiori al primo.

La figura 38 rappresenta la nuova distribuzione regionale dei comuni per due soli livelli di inquinamento da biossido di azoto (NO₂).

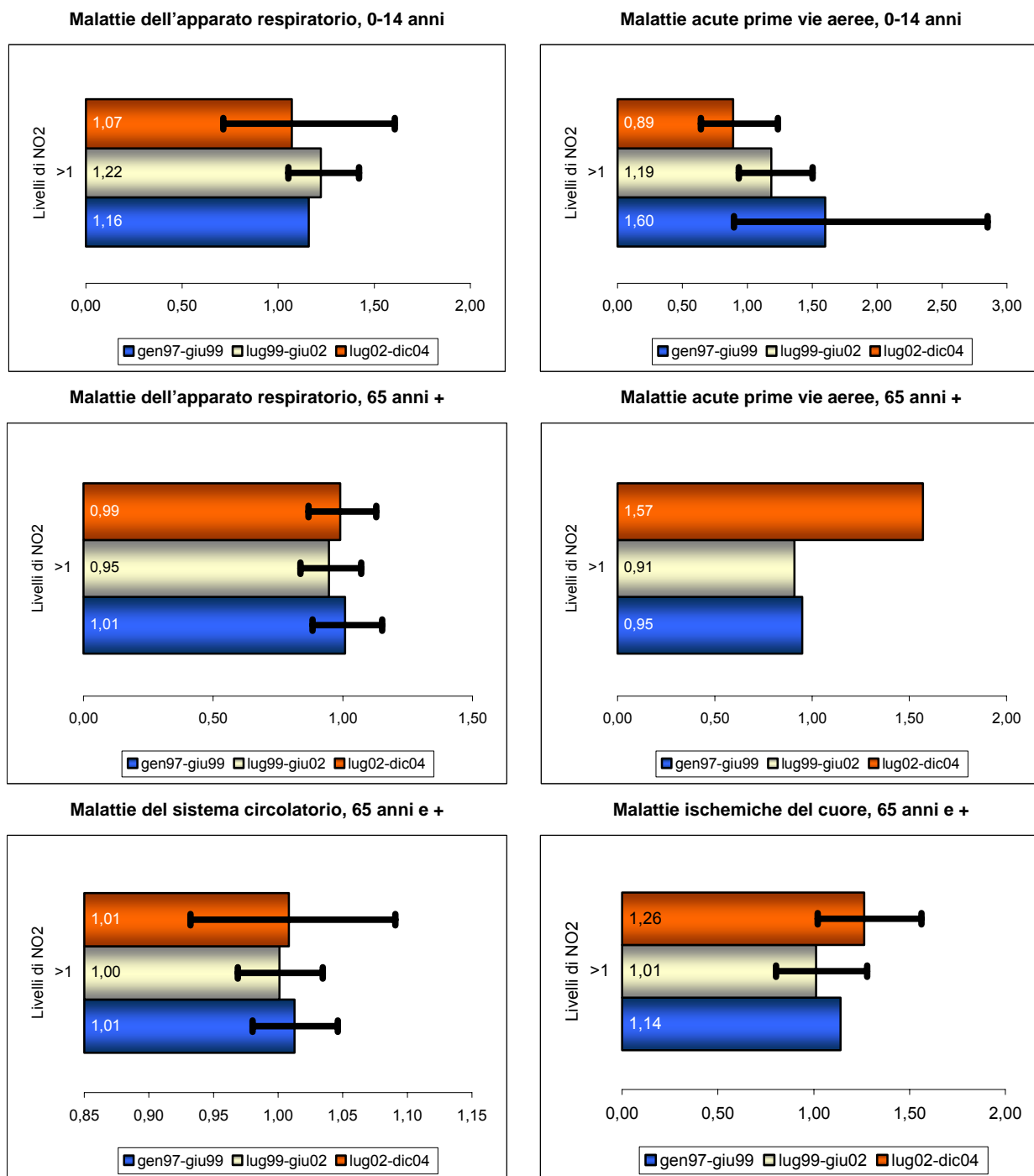
Figura 38. Assegnazione dei comuni, esclusa Aosta, a due livelli di inquinamento stimato di NO₂



Nelle figure da 39 a 44 sono stati rappresentati i rischi relativi dei comuni con livello di concentrazione di inquinante elevato (NO₂ = 2) rispetto ai comuni meno inquinati, separatamente per i tre periodi in studio e per tipo di patologia.

Per valutare la significatività di eventuali deficit di rischio nel secondo periodo è stato utilizzato un modello multivariato che, pur dando risultati sostanzialmente equivalenti al semplice rapporto tra proporzioni utilizzato in precedenza, fornisce i livelli di variabilità delle stime (indicati dal segmento nero⁸⁶).

Figure 39-44. Rapporto tra proporzioni di ospedalizzazione per cause e fasce di età, per il livello di inquinamento più elevato rispetto al livello meno inquinato, per periodi.



⁸⁶ Per alcune malattie e periodi i modelli multivariati non raggiungono la convergenza, risultando stimabili i rischi ma non gli intervalli di confidenza delle stime.

Queste ulteriori analisi confermano quanto già rilevato considerando le concentrazioni di inquinante a quattro livelli e, quindi, a quattro gruppi di comuni e non aggiungono ulteriori evidenze⁸⁷.

Sebbene si rilevino indizi circa un minore rischio di ospedalizzazione per patologie specifiche nel periodo di chiusura del tunnel tra gli anziani, risulta comunque evidente che la potenza statistica dello studio (data la numerosità della popolazione valdostana) non è sufficiente per avvalorare l'ipotesi generale di partenza riguardo una riduzione dell'ospedalizzazione per alcune patologie specifiche nel periodo di chiusura del tunnel.

Per ultimo, ancorché difficilmente supportabile dalla numerosità dei casi, si è voluto studiare se la chiusura del traforo del Monte Bianco abbia particolarmente influito sulla salute delle sole popolazioni della Valdigne, ovvero nei comuni di Courmayeur, La Salle, Morgex e Pré-Saint-Didier^{88 89}. Tali comuni si trovano infatti nel tratto finale della parte italiana del tragitto compiuto dal traffico veicolare diretto verso il traforo e, sebbene spesso l'autostrada corra in galleria, la carta di concentrazione di NO₂ mostra valori relativamente elevati di inquinante in questi quattro comuni.

Data la scarsa popolazione coinvolta (7.870 abitanti totali al 2004) non è stato possibile condurre le analisi per le malattie acute delle prime vie aeree, numericamente inconsistenti.

I risultati per le altre patologie sono riportati nella Tabella 9 e riassunti nelle figure da 45 a 48.

Tabella 9. Proporzioni di ospedalizzazione per cause e fasce di età nella Valdigne, secondo i periodi in analisi.

Malattie dell'apparato respiratorio, 0-14 anni				Malattie dell'apparato respiratorio, 65 anni ed oltre			
Periodo	Prop. sdt. X 100	I.C. al 95%		Periodo	Prop. sdt. X 100	I.C. al 95%	
gen 1997 - giu 1999	12,5	9,6	15,4	gen 1997 - giu 1999	14,2	12,1	16,4
lug 1999 - giu 2002	16,8	13,6	20,0	lug 1999 - giu 2002	14,2	12,3	16,2
lug 2002 - dic 2004	20,5	16,2	24,8	lug 2002 - dic 2004	17,2	15,0	19,4

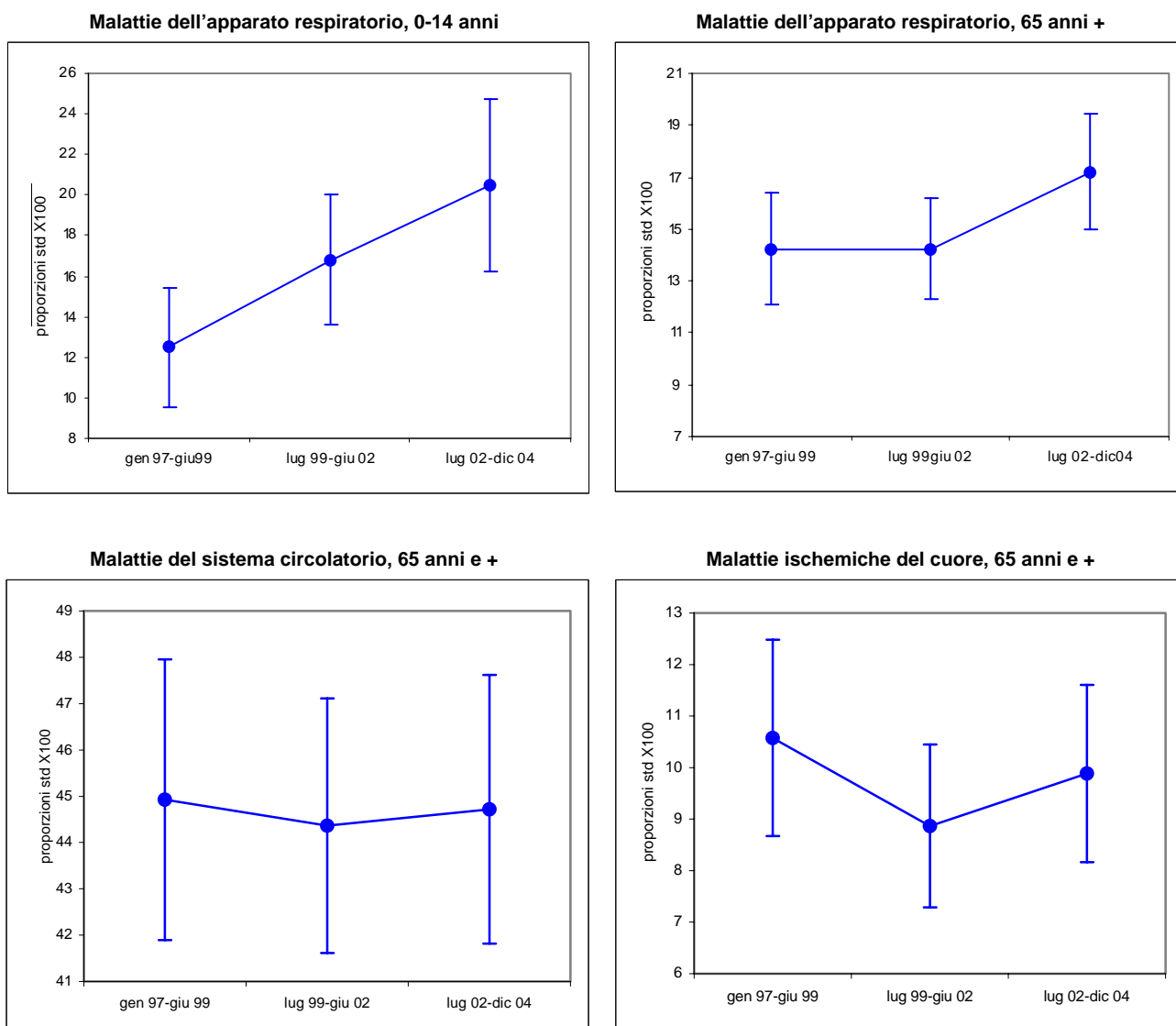
Malattie del sistema circolatorio, 65 anni ed oltre				Malattie ischemiche del cuore, 65 anni ed oltre			
Periodo	Prop. sdt. X 100	I.C. al 95%		Periodo	Prop. sdt. X 100	I.C. al 95%	
gen 1997 - giu 1999	44,9	41,9	48,0	gen 1997 - giu 1999	10,6	8,7	12,5
lug 1999 - giu 2002	44,4	41,6	47,1	lug 1999 - giu 2002	8,9	7,3	10,4
lug 2002 - dic 2004	44,7	41,8	47,6	lug 2002 - dic 2004	9,9	8,2	11,6

⁸⁷ Per le malattie acute delle prime vie aeree negli ultrasessantacinquenni, il rischio relativo particolarmente elevato (1.57.) dei comuni 'inquinati' nel periodo da luglio 2002 a dicembre 2004 (riapertura del tunnel) in realtà è da attribuirsi alla proporzione particolarmente bassa registrata nei comuni presi come di riferimento

⁸⁸ Con l'esclusione di La Thuile, fuori dalla rotta viaria principale che coinvolge alti volumi di traffico pesante

⁸⁹ Si veda la mappa riportata nella III Relazione sullo Stato dell'Ambiente consultabile su:
http://www.arpa.vda.it/_download_pup.cfm?dwd=2873,1

Figure 45-48. Proporzioni di ospedalizzazione per cause e fasce di età nella Valdigne, secondo i periodi in analisi.



Le conclusioni attengono deboli indizi di riduzione della proporzione di ricoveri nel periodo di chiusura del tunnel solo per le malattie del sistema circolatorio tra gli anziani, a cui sembra avere contribuito soprattutto un minor ricovero per le malattie ischemiche del cuore.

Analisi della mortalità

L'attuale struttura dei dati di mortalità non permette una selezione dei casi entro l'anno solare, come è avvenuto per le analisi sulla ospedalizzazione, pertanto i periodi posti a confronto sono quelli relativi agli anni:

- ✓ 1997-1999 (corrispondenti a prima della chiusura del tunnel del Monte Bianco);

- ✓ 2000-2002 (corrispondenti al periodo di chiusura del tunnel);
- ✓ 2003-2005 (corrispondente alla riapertura del tunnel).

Per l'analisi della mortalità si è fatto ricorso a misure di occorrenza nella popolazione, essendo i tassi generali maggiormente stabili nel tempo⁹⁰, utilizzando modelli multivariati che tengono conto della strutture per età nei diversi periodi. Le variazioni della composizione per età della popolazione intervenute nel tempo ed, eventualmente, nello spazio, sono state controllate assumendo come standard la popolazione italiana al censimento del 2001.

I valori ottenuti dall'analisi sono riportati nella Tabella 10.

Tabella 10. Mortalità: valori osservati e tassi standardizzati per periodi e cause.

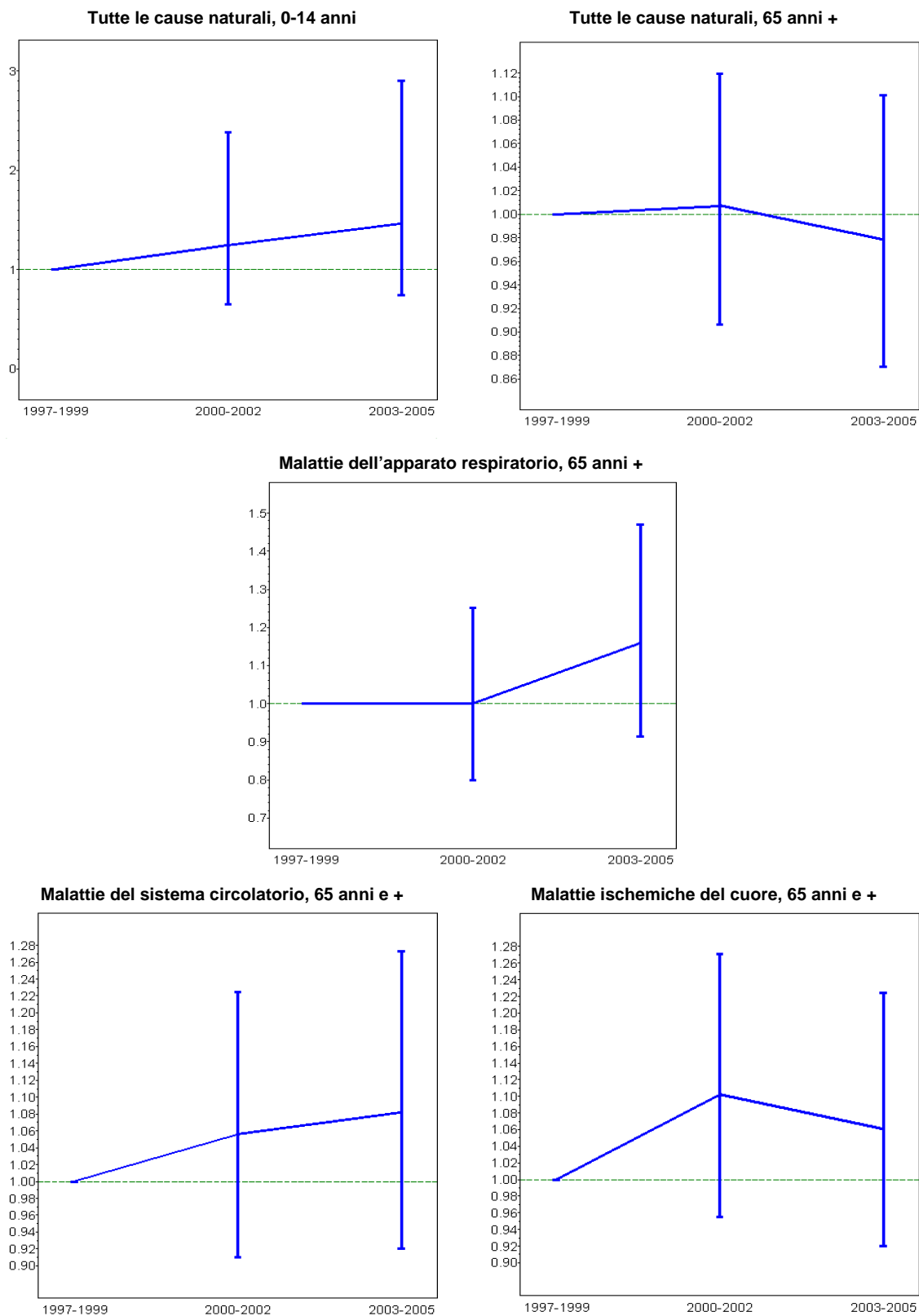
Cause di morte	1997-1999		2000-2002		2003-2005	
	Prima della chiusura del tunnel del Monte Bianco		Durante la chiusura del tunnel del Monte Bianco		Dopo la chiusura del tunnel del Monte Bianco	
	Valore Oss.to	Tasso std X100.000 ab.	Valore Oss.to	Tasso std X100.000 ab.	Valore Oss.to	Tasso std X100.000 ab.
Tutte le cause naturali, 0-14 anni	16	67.2	21	80.3	17	86.8
Tutte le cause naturali, > 65 anni	2963	3970.8	3170	3889.1	2126	3731.8
Malattie dell'apparato respiratorio, > 65 anni	272	344.9	291	336.2	232	394.4
Malattie acute delle prime vie aeree, > 65 anni	9	10.2	4	3.1	2	1.72
Malattie del sistema circolatorio, > 65 anni	1299	1978.7	1461	2080.9	1027	2146.2
Malattie ischemiche del cuore > 65 anni	348	473.4	407	506.4	411	506.66

A fronte del numero di casi osservati, e per evidenti motivi di potenza statistica, le analisi specifiche riguardanti le malattie acute delle prime vie aeree tra gli anziani non sono state condotte.

Ponendo il tasso di mortalità del periodo 1997-1999 come valore base di riferimento, pari a 1, l'andamento della mortalità per periodi e cause è rappresentato nelle figure da 49 a 53 da cui si evince che solo per le malattie dell'apparato respiratorio, tra gli anziani, nell'ambito di un trend atteso in crescita, il periodo corrispondente alla chiusura del tunnel registra un tasso non in flessione, ma costante rispetto al periodo antecedente la chiusura stessa, anche se l'effetto appare trascurabile.

⁹⁰ Test statistici indicano che la differenza di mortalità tra periodi non risulta mai significativa.

Figure 49-53. Rischi relativi di mortalità per cause e fasce di età, secondo i periodi in analisi.



Analogamente all'approccio utilizzato per l'analisi delle cause di ricovero, sono stati considerati i soli comuni del fondo Valle⁹¹ a maggiore concentrazioni di inquinante per valutare eventuali differenze nel rischio di mortalità per cause specifiche tra i periodi.

Dato lo scarso numero di eventi in studio, i livelli di esposizione, come già per le analisi sull'ospedalizzazione, sono stati ridotti a soli due ($\text{NO}_2=2 > \text{NO}_2 = 1$).

Le figure da 54 a 58 illustrano i rischi relativi separatamente per i tre periodi in analisi.

Si evidenzia come, ad eccezione di un caso, i comuni del fondo Valle si trovino sotto la linea unitaria di rischio a denotare l'assenza di effetti sfavorevoli attribuibili all'esposizione all'inquinante.

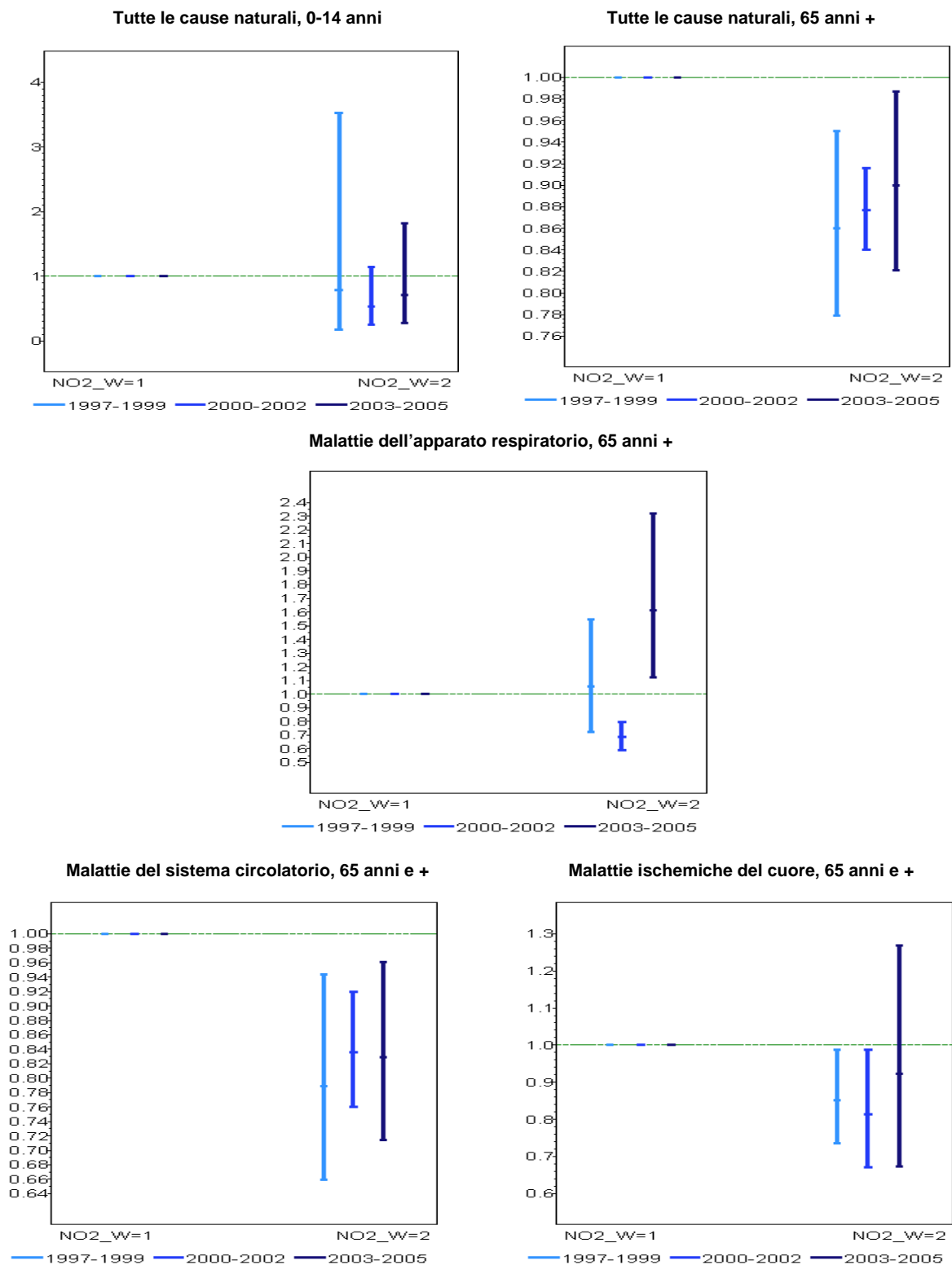
Si nota inoltre che, per tutte le cause naturali tra i bambini e per le malattie ischemiche tra gli anziani, il periodo della chiusura del tunnel registra una debole flessione, sebbene gli intervalli di confidenza siano ampiamente sovrapposti, a significare che non è possibile escludere l'effetto del caso nel confronto tra periodi.

Solamente le malattie respiratorie tra gli anziani mostrano una riduzione più evidente nel secondo periodo. Questo è l'unico risultato relativamente marcato rilevato nell'analisi, coerente con quanto atteso rispetto ad una riduzione del livello degli inquinanti atmosferici. Ma l'assenza di coerenza con gli altri risultati di questo studio potrebbe indicare, o l'esistenza di un effetto casuale, oppure l'effetto di altre cause, quali ad esempio la presenza di ondate di calore nei comuni del fondo Valle rispetto a quelli posti a maggiore altitudine, un fenomeno certamente correlato con la mortalità respiratoria negli anziani.

I dati di mortalità quindi non mostrano una riduzione statisticamente significativa e ben distribuita della mortalità per le cause in esame, in relazione al periodo di chiusura del traforo ed alla conseguente riduzione dei livelli di inquinamento atmosferico, come era lecito attendersi dalle valutazioni di impatto. Si avverte tuttavia il lettore della limitata potenza statistica offerta dalla popolazione in studio.

⁹¹ Questi comuni presentano abitualmente tassi di mortalità inferiori ai comuni montani, come dimostrato dai dati dell'Atlante della mortalità in valle d'Aosta 1980-2003 a cura dell'Osservatorio regionale Epidemiologico e per le Politiche sociali

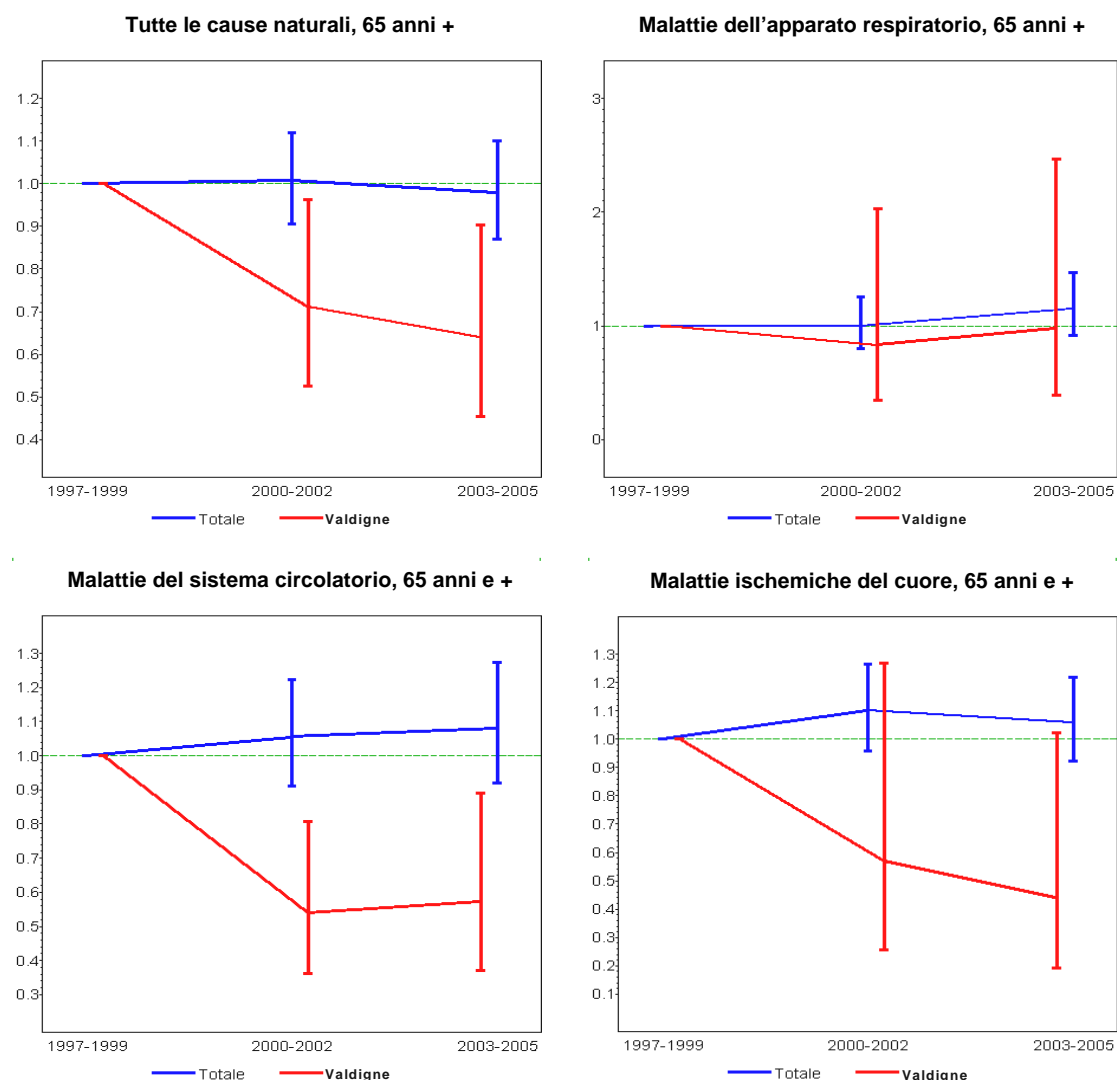
Figure 54-58. Rischi relativi di mortalità per cause e fasce di età, per il livello di inquinamento più elevato rispetto al livello meno inquinato, per periodi.



E' stata infine condotta l'analisi della mortalità nei soli quattro comuni della Valdigne oggetto di approfondimento, rapportata a quella della totalità dei comuni valdostani presi come confronto.

I risultati dello studio, per le sole cause di morte con un numero di eventi sufficiente, sono presentati nelle figure da 59 a 62, da cui si evince che i comuni di Courmayeur, La Salle, Morgex e Pré-Saint-Didier⁹² sembrano avere beneficiato, rispetto al trend regionale degli altri comuni, di una significativa riduzione della mortalità generale tra gli anziani, pari circa al 30% che però non sembra essere accentuata nel periodo di chiusura del tunnel. In realtà i dati confermano quanto già noto e pubblicato, inerente i generali migliori profili di salute nel distretto dell'Alta Valle ed una minore mortalità generale⁹³ rispetto al resto della regione.

Figure 59-62. Rischi relativi di mortalità per cause e fasce di età, per periodi. Confronto con il totale regionale.



⁹² Indicati nel grafico con la dicitura Valdigne

⁹³ vedi Atlante della mortalità in Valle d'Aosta 1980-2003 (www.regione.vda.it/sanita/oreps/publicazioni)

Conclusioni dello studio sulle variazioni di inquinanti e gli effetti sulla salute

Lo studio è stato condotto per verificare se i tassi di ospedalizzazione e le morti per patologie attribuibili all'inquinamento atmosferico indotto da traffico pesante si sono ridotte durante il periodo di chiusura del tunnel del Monte Bianco a seguito dell'incendio del 24 marzo 1999.

L'analisi è stata condotta sia su tutta la popolazione residente nei comuni del territorio regionale, sia sulla popolazione residente nei soli comuni della Valdigne ed ha interessato sia tutte le età, sia i ricoveri e i decessi nei soli bambini ed anziani, notoriamente più sensibili e vulnerabili rispetto al resto della popolazione.

La prima conclusione riguarda i tassi di ospedalizzazione che, in generale, non si sono ridotti durante il periodo di chiusura del tunnel per le patologie correlabili all'inquinamento, né per tutte le età, né tra i bambini, né infine tra gli anziani residenti sul territorio regionale e, in particolare, nei quattro comuni della Valdigne interessati dallo studio (Courmayeur, La Salle, Morgex e Pré-Saint-Didier).

Si osserva, invece, durante il periodo di chiusura del tunnel, deboli riduzioni:

- ✓ nei ricoveri per le patologie dell'apparato respiratorio negli anziani residenti nei comuni della Valle d'Aosta a più alta concentrazione di inquinante (NO₂) (vedi figure 36 e 41);
- ✓ nei ricoveri per le patologie dell'apparato circolatorio negli anziani ultrasessantacinquenni, attribuibile, in particolare, alle malattie ischemiche del cuore (infarto miocardico acuto ed altre forme acute e subacute di cardiopatia ischemica, infarto miocardico pregresso, angina pectoris ed altre forme di cardiopatia ischemica cronica) residenti nei comuni della Valle d'Aosta a più alta concentrazione di inquinante (NO₂) (vedi figura 37 ed figure 43, 44) e nei quattro comuni della Valdigne interessati dallo studio (vedi figure 47 e 48).

La seconda conclusione riguarda la mortalità. Poiché il numero dei decessi è inferiore, in un anno, al numero dei ricoveri, è doveroso avvertire che l'analisi statistica applicata ai dati di mortalità non ha consentito di escludere l'effetto del caso nelle differenze osservate.

L'analisi statistica mostra che:

- ✓ a fronte di un valore atteso in riduzione nella mortalità attribuibile all'inquinamento atmosferico, durante il periodo di chiusura del tunnel del Monte Bianco, per le sole malattie dell'apparato respiratorio, tra gli anziani residenti nei comuni della Valle d'Aosta, il tasso di ospedalizzazione si mantiene costante rispetto al periodo precedente la chiusura (vedi figura 51);
- ✓ la mortalità nei residenti nei comuni a più alta concentrazione di inquinante (NO₂) registra, per tutte le cause naturali tra i bambini, per le patologie dell'apparato respiratorio negli anziani e per le sole malattie ischemiche tra gli anziani, una debole

flessione, sebbene i piccoli numeri su cui è stato condotto lo studio non consentono di escludere l'effetto del caso nel confronto tra i periodi in studio (prima e durante la chiusura del tunnel) (vedi figure 54, 56 e 58);

- ✓ i dati di mortalità non mostrano una riduzione statisticamente significativa e ben distribuita della mortalità attribuibile all'inquinamento in relazione alla chiusura del tunnel come era lecito attendersi dopo le stime ottenute attraverso la valutazione di impatto (vedi paragrafo 8.1);
- ✓ la mortalità attribuibile all'inquinamento tra i residenti nei quattro comuni della Valdigne interessati dallo studio non sembra avere beneficiato della chiusura del tunnel, mentre si conferma una mortalità più bassa rispetto a quella degli altri comuni della regione dati i migliori livelli di salute generali della popolazione residente nel distretto dell'Alta Valle, come già dimostrato in altre pubblicazioni epidemiologiche a carattere regionale.

APPENDICE

APPENDICE

In questa sezione è contenuta una breve ma aggiornata sintesi di letteratura nazionale ed internazionale :

IL PUNTO SULLA LETTERATURA SCIENTIFICA : lo studio MISA

Poiché le misure di sanità pubblica adottate negli ultimi anni hanno portato ad un abbassamento dei livelli di inquinamento urbano, l'interesse si è spostato verso la valutazione degli effetti a breve e lungo termine di livelli relativamente bassi di inquinamento atmosferico, in modo da aggiornare gli standard di qualità dell'aria da raggiungere e mantenere. Fra gli effetti a breve termine sulla salute si annoverano: disagio, irritazione, tossicità specifica, affezioni respiratorie acute, mortalità..

Lo studio MISA-1 (Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico) condotto in 8 città italiane nel corso degli anni Novanta⁹⁴ ha prodotto per la prima volta nel nostro paese delle stime esaustive e standardizzate sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute. Gli inquinanti la cui concentrazione è stata posta nello studio in relazione alla mortalità e alla frequenza di ricoveri ospedalieri per malattie cardiovascolari e respiratorie sono stati:

- ✓ SO₂ (biossido di zolfo)
- ✓ NO₂ (biossido di azoto)
- ✓ CO (biossido di carbonio, il principale gas ad effetto "serra")
- ✓ PM₁₀ (polveri sottili o particolato atmosferico)
- ✓ Ozono.

Lo studio MISA-2 1996-2002⁹⁵, ampliamento del MISA-1, ha poi fornito una quantificazione specifica degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla mortalità e sui ricoveri ospedalieri, analizzando gli eventi che si sono verificati a cavallo del nuovo millennio in città per le quali è stato possibile reperire i dati pertinenti per almeno tre anni consecutivi a partire dal 1996, in modo da assicurare per ogni città una solida base di dati e, di conseguenza, stime statistiche relativamente stabili.

E' stato così stimato, in 15 città italiane, fra cui tutte quelle con più di 250 mila abitanti, il numero di decessi (per tutte le cause naturali, per cause cardiovascolari e respiratorie) e di ricoveri ospedalieri (per cause cerebrovascolari e respiratorie) attribuibili all'inquinamento atmosferico, evidenziando come, all'aumentare della concentrazione di inquinanti, aumenti la frequenza di esiti negativi in maniera non riconducibile a fluttuazioni casuali.

⁹⁴ Biggeri A, Bellini P, Terracini B (Eds). MISA, Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico. *Epid Prev* 2001; 25 (Suppl 1): 1 – 72.

⁹⁵ Biggeri A, Bellini P, Terracini B (Eds). MISA, Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico 1996-2002. *Epid Prev* 2004; 28 (Suppl): 1 – 100.

E' stato evidenziato in particolare, come, nel periodo in studio, il PM₁₀ abbia provocato circa 900 decessi in più all'anno e gli altri inquinanti gassosi (biossido di azoto, e monossido di carbonio) abbiano causato un consistente numero di vittime: circa 2000 morti in più all'anno sarebbero infatti attribuibili all'NO₂ e 1900 al CO. Dallo studio emerge anche un dato positivo rispetto agli anni '90 per quanto riguarda l'anidride solforosa: la riduzione dell'utilizzo del gasolio negli impianti di riscaldamento ha infatti contribuito a ridurre la concentrazione di questo inquinante che oggi, in 6 delle 15 città coinvolte nella ricerca, si è assestata al di sotto del limite di rilevabilità.

Nella lettura delle stime ottenute occorre tenere presente che tutti gli inquinanti sono in realtà espressione di un unico fenomeno più complesso, l'inquinamento atmosferico, e che, essendo correlati fra di loro, diventa difficile scinderne gli effetti, risultato della contaminazione complessiva. Per tale ragione i provvedimenti volti a ridurre i singoli inquinanti sono necessari e utili, ma non sufficienti, in quanto l'inquinamento dovrebbe essere ridotto nel suo complesso.

In sintesi, il MISA-2 ha consentito di rilevare:

- ✓ un aumento della mortalità giornaliera per tutte le cause naturali associato a incrementi della concentrazione degli inquinanti atmosferici studiati (in particolare, NO₂, CO e PM₁₀); tale aumento riguarda anche la mortalità per cause cardiorespiratorie e la ricoverabilità per malattie cardiache e respiratorie;
- ✓ l'assenza di differenze per genere (tra maschi e femmine);
- ✓ una debole evidenza che vi siano effetti maggiori nelle classi di età estreme (0-24 mesi e maggiore di 85 anni);
- ✓ una forte evidenza che, per ciascuno degli inquinanti, le variazioni percentuali di mortalità e ricoveri ospedalieri sono maggiori nella stagione calda;
- ✓ un ritardo nella manifestazione degli effetti sanitari che varia a seconda dell'inquinante e dell'effetto considerato: relativamente alla mortalità per tutte le cause naturali, l'aumento di rischio si manifesta entro pochi giorni dal picco di inquinamento (2 giorni per il PM₁₀, fino a 4 giorni per NO₂ e CO);
- ✓ variazioni percentuali della mortalità e dei ricoveri ospedalieri in funzione degli incrementi di concentrazione di PM₁₀ più elevate nelle città con una mortalità per tutte le cause più alta e un rapporto PM₁₀/NO₂ più basso;
- ✓ una consistente differenza tra le città dell'effetto del PM₁₀ per gli indicatori di mortalità e ricovero ospedaliero, legata alla temperatura (gli effetti sono più pronunciati nella stagione calda) e una modificazione di effetto che tende a essere maggiore nei mesi invernali;
- ✓ un impatto complessivo sulla mortalità per tutte le cause naturali compreso tra l'1,4% e il 4,1% per gli inquinanti gassosi (NO₂ e CO);
- ✓ una valutazione molto meno precisa per quanto riguarda il PM₁₀, date le differenze delle stime di effetto fra le città in studio;

Da tali constatazioni emerge come i limiti fissati dalle direttive europee per il 2010 avrebbero contribuito, se applicati, a risparmiare circa l'1,4% dei decessi per il PM₁₀ e l'1,7% di quelli per NO₂ nell'insieme delle città considerate.

La metanalisi MISA si va ad aggiungere ad altri studi europei e nordamericani, quali Six cities Study⁹⁶ e APHEA⁹⁷, che hanno contribuito a quantificare gli effetti acuti degli inquinanti ambientali, a valutare la relazione dose-risposta, a studiare i fattori che regolano la variabilità nelle stime di rischio.

Lo studio di Kunzli⁹⁸, pubblicato nel 2000 e condotto in Austria, Francia e Svizzera, ha, ad esempio, stimato l'impatto sulla salute (in termini di casi attribuibili) dell'inquinamento atmosferico, riferendosi, nello specifico, ad incrementi di 10 µg/m³ di PM₁₀: è stato così rilevato come circa il 6% della mortalità totale sia attribuibile, ogni anno, all'inquinamento atmosferico e come, a sua volta, la metà di questa mortalità sia ascrivibile all'inquinamento da traffico.

La Tabella 11 riporta i rischi relativi applicati al modello utilizzato nello studio per calcolare, per ciascun esito di salute, i casi attribuibili all'inquinamento atmosferico.

Tabella 11. Esiti di salute e rischio relativo (RR) per incrementi di 10 µg/m³ di PM₁₀

Esiti di salute	RR (95% CI)
Mortalità totale (adulti > 30 anni)	1,043 (1,026-1,061)
Ricoveri per patologie respiratorie (tutte le età)	1,013 (1,001-1,025)
Ricoveri per patologie cardiovascolari (tutte le età)	1,013 (1,007-1,019)
Bronchiti croniche (adulti ≥ 25 anni)	1,098 (1,009-1,194)
Bronchiti acute (bambini <15 anni)	1.306 (1,135-1,502)
Giornate di attività limitata (adulti ≥ 20 anni)	1,094 (1,079-1,502)
Attacchi d'asma (bambini <15 anni)	1,044 (1,027-1,062)
Attacchi d'asma (adulti ≥ 15 anni)	1,039 (1,019-1,059)

Queste stime mettono in rilievo l'impatto che gli attuali livelli di inquinamento atmosferico possono avere sulla salute pubblica: sebbene infatti i rischi individuali siano relativamente piccoli, le conseguenze in termini di sanità pubblica sono piuttosto rilevanti.

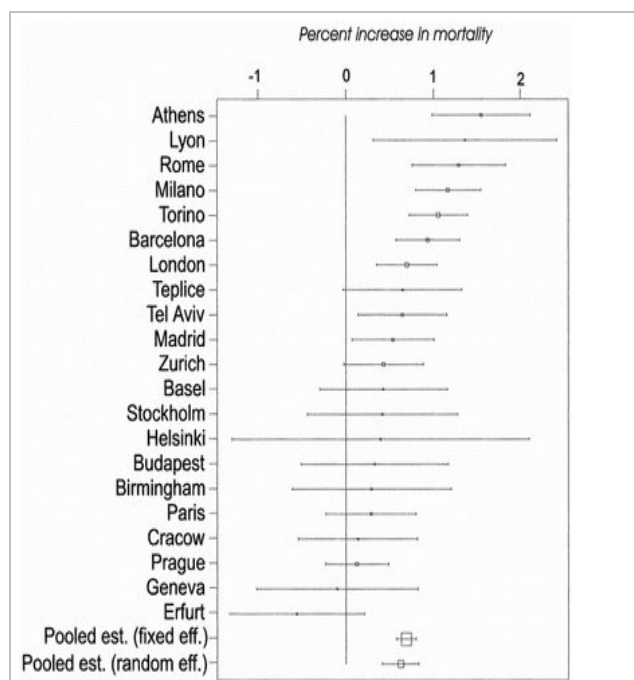
⁹⁶ Dockery et al, Harvard Six-City Cohort Study, *NEJM* 1993; 329 (24):1753-9

⁹⁷ Katsouyanni K *et al.* Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *BMJ*, 1997; 314: 1658-1663.

⁹⁸ Kunzli N, Kaiser R, Medina S, et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795-801

E ancora, fra i risultati dello studio APHEA-2⁹⁹, troviamo la stima dell'aumento percentuale di mortalità giornaliera (range: -0,6%;+1,5%) fra gli ultrasessantacinquenni di 28 città europee, associato ad un aumento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10} (figura 63).

Figura 63. Stima dell'aumento percentuale di mortalità giornaliera in 28 città europee, associato ad un aumento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10} , uomini e donne, 65 anni e più



Uno studio pubblicato nel 2001¹⁰⁰ ha invece evidenziato l'associazione fra concentrazioni elevate di particolato fine ($\text{PM}_{2,5}$) e rischio di infarto acuto del miocardio; associazione che è stata rilevata anche fra concentrazioni medie di particolato fine elevate nell'arco delle 24 ore e rischio di infarto del miocardio nelle 24 ore successive. Questi risultati confermano l'associazione positiva individuata fra i dati sulle ammissioni ospedaliere raccolti per scopi amministrativi e le concentrazioni medie delle 24 ore di particolato, rilevate nel corso di monitoraggi ambientali ordinari. D'altra parte associazioni positive, sebbene non statisticamente significative, sono state evidenziate anche per altri inquinanti (NO_2 , SO_2 , CO).

Per quanto riguarda gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla popolazione infantile, lo studio SIDRIA (Studi Italiani sui Disturbi Respiratori nell'Infanzia e l'Ambiente)¹⁰¹ ha poi posto in evidenza come i bambini che abitano in centri urbani, in vie con frequente transito di mezzi pesanti, abbiano un rischio aumentato di malattie respiratorie nei primi due anni di vita e di sintomi bronchitici e asmatici in età scolare. In particolare, l'aumento è stimato del 69% per le bronchiti ricorrenti, dell'84% per le polmoniti, del 74% per le bronchioliti. Il traffico veicolare generico, al contrario di

⁹⁹ Katsouyanni K *et al.* Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA-2 project. *Epidemiology* 2001; 12: 521 – 531.

¹⁰⁰ Peters A, Dockery DW, Muller JE, Mittleman MA. Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction. *Circulation*. 2001;103:2810-2815

¹⁰¹ Gruppo collaborativo SIDRIA, *Epid Prev* 1998, 22: 242-247

quello pesante (camion, autobus), non è invece risultato associato a malattie o sintomi respiratori. La prosecuzione di tale studio, SIDRIA 2¹⁰², evidenzia che tra bambini e adolescenti residenti in aree urbane con densità di traffico pesante frequente, il rischio rispetto a chi è esposto a passaggio di auto rare è aumentato del 45% per sintomi catarrali e del 88% se il traffico pesante è giudicato continuo.

Il rischio di morte e ricovero, secondo varie patologie, attribuite alle concentrazioni di PM₁₀ che questi studi epidemiologici hanno stimato sono state applicate per la valutazione dell'impatto sulla salute della popolazione valdostana.

¹⁰² Galassi C, De Sario M, Forastiere F (Eds). SIDRIA-2. *Epidemiol Prev.* 2005;29 (Suppl):1-96.

GLOSSARIO

GLOSSARIO

Di seguito il lettore può trovare, in ordine alfabetico, il significato attribuito ai principali termini tecnici ed alle sigle citati nel quaderno oppure a termini il cui significato potrebbe non essere noto e condiviso da tutti. Si precisa invece che il significato dei termini statistici relativi all'analisi epidemiologica, per una comprensione immediata della lettura del testo, è stato riportato, di volta in volta, nelle note a piè di pagina.

A

APAT	Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio
------	--------------------------------------------------------------------

B

Bias	La parola bias (<i>pron. baias, deriva dal greco βιάς, violenza</i>) indica gli effetti d'un errore sistematico o di una semplificazione che può prodursi nel disegno o nell'esecuzione di uno studio. Accomuna diverse discipline. Viene chiamata anche distorsione e per correggerla, talvolta solo parzialmente, vengono applicate specifiche tecniche statistiche.
Bias ecologico	(O fallacia ecologica). È il bias che può verificarsi in quanto eventuali associazioni presenti a livello aggregato (ecologico) non rappresentano necessariamente l'associazione esistente a livello individuale.

C

Confondimento	(dal latino <i>confundere</i> , mischiare insieme). E' l'alterazione dell'effetto di un fattore di rischio, causato dalla presenza concomitante di un altro. Si ha confondimento quando entrambi i fattori di rischio sono associati alla condizione in studio ma agiscono separatamente. Esempio: fumo di tabacco ed inquinanti da traffico sul rischio di insorgenza di malattie respiratorie.
Coorte	Trae origine dalle legioni romane di cui rappresentava la decima parte intesa come suddivisione operativa. Trattasi in epidemiologia di un gruppo di individui accomunati da un'esperienza o da un'esposizione, che vengono seguiti nel tempo in uno studio epidemiologico, detto appunto di coorte, per misurare l'incidenza di nuovi casi di malattia o di una certa condizione di salute.

D

DPSIR	Acronimo dell'espressione inglese <i>Driving forces, Pressure, State, Impact, Response</i> . Adottato anche in italiano con lo stesso acronimo e tradotto con Determinanti, Pressioni, Stati, Impatto, Risposte. E' un modello di sintesi concettuale utile al monitoraggio ambientale.
DPSEEA	E' il modello DPSIR esteso dall'OMS all'impatto sull'uomo. Acronimo dell'espressione inglese <i>Driving forces, Pressure, Status, Exposure Effect, Action</i> .

E F

EIONET	Acronimo inglese di <i>European Environment Information and Observation NETWORK</i> . Insieme di dati, di indicatori ed altre conoscenze di tipo ambientali proposto dal Sistema informativo ambientale Europeo a partire dal 1994, garantendone qualità e tempestività. Serve a valutare lo stato dell'ambiente in Europa e le pressioni esercitate su di esso.
Esposizione	Contatto che si verifica tra un agente di tipo chimico, fisico, o biologico , tale da determinarne la possibilità di trasmissione.

Fattori confondenti	<i>Vedi confondimento</i>
---------------------	---------------------------

G

GBD	Acronimo dell'espressione inglese <i>Global Burden of Disease</i> che in italiano viene tradotto come carico complessivo di malattie e si esprime in anni di vita persi in buona salute o in assenza di cronicità o disabilità.
Georeferenziazione	Nell'ambito dell'epidemiologia ambientale è una metodologia utile a studiare l'associazione tra esposizione ambientale e salute non a livello individuale, bensì aggregato, attribuendo i dati relativi all'indirizzo della abitazione di più soggetti ai dati relativi alla presenza di concentrazioni di inquinante nell'area di residenza dei soggetti stessi per ottenere misure di rischio su base territoriale.

H I

HIA	Acronimo dell'espressione inglese <i>Health Impact Assessment</i> , che è tradotta in italiano con <i>Valutazione di impatto sulla salute</i> e consiste in un insieme di procedure e di metodiche che permettono di stimare preventivamente (ex ante) gli effetti sulla salute di un intervento, di un investimento o di una politica..
-----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Indice di deprivazione	Indicatore geografico aggregato che ha lo scopo di rilevare la povertà di un'area amministrativa (ad esempio il Comune), intesa nelle sue diverse dimensioni. Indica uno stato di svantaggio sociale che si conosce dalla letteratura scientifica essere associato ad uno svantaggio anche nella condizione di salute.. A livello nazionale è noto quello proposto da Cadum et al ¹⁰³ per ogni comune italiano che compone, in un indice composto, le seguenti misure: % di popolazione istruita con la sola licenza elementare, % di popolazione attiva che svolge lavoro manuale, indice di affollamento di una abitazione (occupanti per stanza), % di abitazioni occupate in affitto, % di abitazioni occupate senza bagno interno all'abitazione, % di famiglie monogenitoriali con figli dipendenti conviventi.
------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

¹⁰³ Cadum E, Costa G, Biggeri A, Martuzzi M. Deprivazione e mortalità: un indice di deprivazione per l'analisi delle disuguaglianze su base geografica. *Epidemiologia e Prevenzione* 1999; 23: 175-187

M N O

Matrice ambientale	Una delle unità fisiche in cui può essere scomposto l'ambiente (ad esempio aria, acqua, suoli, rumore, ecc)
NO _x	Ossido di azoto
NO ₂	Biossido di azoto
Occorrenza	Dall'inglese <i>occurrence</i> viene usata in epidemiologi come sinonimo di frequenza. Solitamente riferita alla malattia.

P

PTS	Per particolato, o particolato totale sospeso, o pulviscolo atmosferico, o polveri sottili, o polveri totali sospese (PTS), si intende l'insieme delle sostanze sospese in aria (comprendente fibre, particelle carboniose, metalli, silice, inquinanti liquidi o solidi). Questo particolato sospeso in aria si raccoglie soprattutto negli strati inferiori, in quantità e qualità variabile da luogo a luogo. Il particolato è l'inquinante che ha il maggiore impatto nelle aree urbane, ed è composto da tutte quelle particelle solide e liquide disperse nell'atmosfera, con un diametro compreso tra 0,005 µm ed i 500 µm e oltre.
PM ₁₀	Il PM ₁₀ è la frazione del PTS con diametro aerodinamico medio pari o inferiore a 10 µm e rappresenta la frazione inalabile, ovvero in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (naso, laringe, trachea, bronchi).
PM _{2,5}	Come PM 10 con la differenza che in questo caso trattasi di particolato fine con diametro aerodinamico medio pari o inferiore a 2,5 µm e rappresenta la frazione respirabile, cioè in grado di penetrare fino agli alveoli polmonari.
Proxy	Termine usato per indicare la misura indiretta di un fenomeno o di una condizione che non può essere misurata direttamente.
Pressioni (antropiche) ambientali	Intese come sinonimi di attività o di azioni esercitate dall'uomo (antropica) sull'ambiente e consentono di individuare uno o più fattori che consumano risorse ambientali o ne alterano lo stato.

Q

QCS	Acronimo di <i>Quadro Comunitario di Sostegno</i> . E' il documento approvato dalla Commissione europea, d'intesa con lo Stato membro interessato, sulla base della valutazione del Piano presentato dallo stesso Stato per il monitoraggio e la bonifica ambientale. Contiene la fotografia della situazione di partenza, la strategia, le priorità d'azione, gli obiettivi specifici, la ripartizione delle risorse finanziarie, le condizioni di attuazione. E' articolato in assi prioritari e attuato tramite uno o più Programmi operativi.
-----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

R

RA	Acronimo inglese di <i>Risk Assessment</i> , che in italiano è tradotto con Valutazione del rischio sanitario. Tipicamente utilizzata in campo ambientale è un'applicazione particolare della Valutazione di impatto (vedi HIA). Consiste nella quantificazione degli effetti avversi di una circostanza di inquinamento, sulla base delle stime di esposizione e dei dati clinici, epidemiologici, tossicologici, ambientali o di altro genere, disponibili.
R f D	Acronimo inglese di <i>Reference Dose</i> e tradotto in italiano da Dose Ammissibile. E' una stima numerica dell'esposizione massima ad un agente inquinante da parte di una popolazione. Solitamente usata per misurare effetti sulla salute di agenti inquinanti che si suppone possano provocare danni di diversa entità.

S

SINANET	Acronimo di Sistema Informativo Nazionale Ambientale, ossia una Rete Nazionale di Informazione in campo ambientale. Ha un sito Internet proprio (www.sinanet.apat.it) visitabile per maggiori informazioni.
Studio geografico	<i>Vedi studio ecologico.</i>
Studio ecologico	Studio epidemiologico descrittivo condotto su dati aggregati, per lo più per aree geografiche, in cui il rischio di una data condizione di salute (malattia o morte) è confrontato con quello di altre aree, più o meno vicine.
SDO	Acronimo di Scheda di Dimissione Ospedaliera. E' lo strumento utilizzato da tutti gli ospedali italiani per documentare il ricovero di ogni paziente. Dal 1994 ha dato origine ad un flusso informativo che costituisce debito obbligato delle regioni verso il Ministero competente e ad una banca dati nazionale sui ricoveri ospedalieri presso il Ministero della Salute. Attualmente la copertura sul territorio nazionale è maggiore del 95%. La Valle d'Aosta è tra le regioni con una migliore qualità dei dati inviata.
SO ₂	Biossido di zolfo
Stressore ambientale	Agente dotato del potenziale di cambiare l'ambiente. Per stress si intende una pressione o un'influenza sull'ambiente (ad esempio l'emissione di gas acidificanti come NO _x e SO _x)
Studio tossicologico	La tossicologia è la branca della medicina che studia sintomi, meccanismi e trattamenti degli avvelenamenti di persone e animali ad opera di droghe e veleni. Il principale parametro per determinare la tossicità di una sostanza è la dose. È risaputo che tutte le sostanze, in certe dosi o in determinate circostanze, possono essere tossiche.
Stati ambientali	Rappresentano la qualità e le caratteristiche delle matrici ambientali (aria, acqua, suolo, vegetazione, fauna, ecosistemi, paesaggio, salute pubblica) che occorre tutelare e difendere.

T

Tematismi ambientali	Si parla di tematismo ambientale soprattutto in riferimento al Sistema informativo territoriale (SIT). Il SIT è un insieme di dati informatizzati ed organizzati in tabelle, collegati a rappresentazioni cartografiche e geografiche con un collegamento bidirezionale tra le due fonti in modo da diventare strumento di supporto alle decisioni. In questo ambito, il tema o tematismo, è il risultato di una interrogazione del SIT che seleziona o evidenzia dati o rapporti tra dati che danno origine ad una "mappa tematica" per argomento (strade, fiumi, siti industriali ecc). L'analisi territoriale dei dati produce nuove informazioni che vengono automaticamente inserite in tabelle di dati associati agli elementi cartografici già noti.
----------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

V

Valutazione ex ante	Modello metodologico per la valutazione dell'impatto sulla salute di un progetto o di un intervento condotta prima della realizzazione del medesimo.
Valutazione ex post	Modello metodologico per la valutazione dell'impatto sulla salute di un progetto o di un intervento condotta a compimento del progetto o dell'intervento medesimo. Mira a rendere conto degli effetti (anche non desiderati) prodotti. Può avvalersi anche di una Valutazione in itinere o in corso di progetto.