

Stato di salute delle popolazioni residenti nelle aree geotermiche della Toscana

State of health of populations residing in geothermal areas of Tuscany

A cura di: Fabrizio Minichilli,¹ Daniela Nuvolone,² Elisa Bustaffa,¹ Francesco Cipriani,² Maria Angela Vigotti,³ Fabrizio Bianchi^{1,4}

¹Istituto di fisiologia clinica, Unità di ricerca in Epidemiologia ambientale e Registri di patologia

²Agenzia regionale di sanità Toscana, Osservatorio di epidemiologia

³Università degli studi di Pisa, Dipartimento di biologia

⁴Fondazione Toscana Gabriele Monasterio



- Ulteriori dati sono disponibili sul CD allegato.

Progetto di ricerca epidemiologico sulle popolazioni dell'intero bacino geotermico toscano finanziato dalla Regione Toscana con Decreto n. 6810 del 18 Dicembre 2007.

Progetto svolto dalla Fondazione Toscana Gabriele Monasterio su committenza dell'Osservatorio di Epidemiologia dell'Agenzia Regionale di Sanità della Toscana.



Autori/Authors

Gruppo di lavoro/Working group

Simone Bartolacci, Centro statistico elaborazione dati - Agenzia regionale di sanità Toscana, Firenze

Fabrizio Bianchi, Unità di ricerca in Epidemiologia ambientale e Registri di patologia - Istituto di fisiologia clinica - Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa

Silvia Bucci, Agenzia regionale protezione ambiente Toscana, Firenze

Elisa Bustaffa, Unità di ricerca in Epidemiologia ambientale e Registri di patologia - Istituto di fisiologia clinica - Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa

Francesco Cipriani, Agenzia regionale di sanità Toscana, Firenze

Liliana Cori, Unità di ricerca in Epidemiologia ambientale e Registri di patologia - Istituto di fisiologia clinica - Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa

Manuele Falcone, Osservatorio qualità ed equità - Agenzia regionale di sanità Toscana, Firenze

Roberto Gori, Agenzia regionale protezione ambiente Toscana, Firenze

Sonia Marrucci, Fondazione Toscana Gabriele Monasterio, Pisa

Claudio Michelassi, Collaboratore esterno esperto informatico, Pisa

Fabrizio Minichilli, Unità di ricerca in Epidemiologia ambientale e Registri di patologia - Istituto di fisiologia clinica - Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa

Caterina Minniti, Università degli studi di Pisa – Dipartimento di biologia, Pisa

Daniela Nuvolone, Osservatorio di epidemiologia - Servizi sociali integrati - Agenzia regionale di sanità Toscana, Firenze

Marco Pellegrini, Agenzia regionale protezione ambiente Toscana, Firenze

Anna Pierini, Unità di ricerca in Epidemiologia ambientale e Registri di patologia - Istituto di fisiologia clinica - Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa

Mariangela Protti, Unità di ricerca in Epidemiologia ambientale e Registri di patologia - Istituto di fisiologia clinica - Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa

Anna Romanelli, Unità di ricerca in Epidemiologia ambientale e Registri di patologia - Istituto di fisiologia clinica - Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa

Michele Santoro, Unità di ricerca in Epidemiologia ambientale e Registri di patologia - Istituto di fisiologia clinica - Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa

Danila Scala, Agenzia regionale protezione ambiente Toscana, Firenze

Luigi Valli, Agenzia regionale protezione ambiente Toscana, Siena

Maria Angela Vigotti, Università degli studi di Pisa – Dipartimento di biologia, Pisa

Fabio Voller, Osservatorio di epidemiologia - Servizi sociali integrati - Agenzia regionale di sanità Toscana, Firenze

Ringraziamenti

Paolo Piacentini, Responsabile Servizio di epidemiologia della ASL Grosseto

Danilo Zuccherelli, Direttore sanitario ASL Grosseto

Stefano Rossi, ARPAT

Letizia Centi, Responsabile Prevenzione zona Amiata Val d'Orcia

Roberto Turillazzi, Direttore Società della salute Amiata Val d'Orcia

Eros Guerrini, Società della salute Amiata Val d'Orcia

Luca Carneglia, Dipartimento Prevenzione ASL Pisa

Piergiuseppe Calà, Diritti di cittadinanza e coesione sociale, Regione Toscana

Indice/Contents

Premessa/Foreword	5
Riassunto/Summary	6
Cap. 1 - Geotermia e salute/Geothermal energy and health	11
Impatto ambientale	11
Effetti sulla salute umana	11
I maggiori inquinanti di origine geotermica	13
Cap. 2 - Contesto territoriale in studio/Characteristics of the area under study	16
Impianti ed emissioni	16
La qualità dell'aria	19
La qualità dell'acqua	21
Cap. 3 - Razionale dello studio e obiettivi/Rational and objectives of the study	23
Obiettivi	24
Cap. 4 - Materiali/Materials	25
Popolazione in studio	25
Decessi	28
Ricoverati	28
Eventi sfavorevoli della riproduzione	28
Malformazioni congenite	28
Basso peso alla nascita, nascite pretermine, rapporto di mascolinità	30
Cap. 5 - Metodi/Methods	31
Area di riferimento per il calcolo degli indicatori di mortalità/ospedalizzazione	31
Distribuzione dell'indice di deprivazione socio economica nelle aree in studio	31
Metodi statistici	34
Indicatori classici	34
Indicatori bayesiani	34
Mappe di eventi sanitari (disease mapping)	35
Guida alla lettura dei risultati dell'analisi della mortalità, dei ricoverati e degli eventi riproduttivi	35
Cap. 6 - Risultati/Results	37
Mortalità	37
Tutte le cause (ICD-9: 001-999)	37
Malattie infettive e parassitarie (ICD-9: 001-139)	38
Tutti i tumori (ICD-9: 140-239)	39
Diabete mellito – Altri disturbi endocrini (ICD-9: 250)	55
Demenze (ICD-9: 290,331.0-331.2)	56
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso (ICD-9: 320-389)	56
Malattie del sistema circolatorio (ICD-9: 390-459)	58
Malattie dell'apparato respiratorio (ICD-9: 460-519)	60
Malattie dell'apparato digerente (ICD-9: 520-579)	65
Malattie del sistema genitourinario (ICD-9: 580-629)	66
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti (ICD-9: 780-799)	68
Traumatismi e avvelenamenti (ICD-9: 800-999)	68
Ricoverati	69
Tutte le cause (ICD-9: 001-999)	69
Malattie infettive e parassitarie (ICD-9: 001-139)	69
Tutti i tumori (ICD-9: 140-239)	69
Diabete mellito (ICD-9: 250)	79
Demenze (ICD-9: 290,331.0-331.2)	79



Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso (ICD-9: 320-389)	80
Malattie del sistema circolatorio (ICD-9: 390-459)	80
Malattie dell'apparato respiratorio (ICD-9: 460-519)	81
Malattie dell'apparato digerente (ICD-9: 520-579)	87
Malattie del sistema genitourinario (ICD-9: 580-629)	88
Malformazioni congenite (ICD-9: 740-759)	92
Traumatismi e avvelenamenti (ICD-9: 800-999)	92
Eventi sfavorevoli della riproduzione	93
Malformazioni congenite	93
Basso peso alla nascita, nascite pretermine, rapporto di mascolinità	94
Cap. 7 - Discussione e conclusioni/Discussion and conclusions	95
Discussione	95
Qualità dell'aria	95
Qualità dell'acqua	95
Analisi di mortalità	96
Analisi di ospedalizzazione	97
Analisi geografica a livello comunale	98
Ruolo delle condizioni socioeconomiche	99
Le problematiche dei test multipli	99
Conclusioni	99
Bibliografia	100

Premessa/Foreword

Nell'ambito del Protocollo d'intesa tra Regione, Enti locali ed ENEL, denominato «Accordo generale sulla geotermia» (DGR 870/2007), orientato allo sviluppo sostenibile della risorsa geotermica toscana, la Direzione generale delle politiche territoriali ed ambientali ha commissionato all'Agenzia regionale di sanità della Toscana (ARS) una valutazione sulle condizioni di salute dei cittadini residenti nelle aree geotermiche toscane. La stessa ARS ha incaricato la Fondazione CNR-Regione Toscana «Gabriele Monasterio» di svolgere uno studio epidemiologico mirato a verificare l'esistenza di possibili danni alla salute dei residenti nei comuni dell'area geotermica. Lo studio è stato condotto in stretta collaborazione con l'Osservatorio di epidemiologia dell'ARS e si è avvalso della collaborazione attiva di numerosi professionisti di Enti e Istituti, tra cui in particolare quelli di ARPAT regionali e provinciali, che hanno fornito preziosi dati, informazioni, documenti e suggerimenti interpretativi e l'Unità di ricerca in epidemiologia e Registri di patologia, dell'Istituto di fisiologia clinica del CNR.

L'indagine ha previsto l'analisi e l'interpretazione dei dati già disponibili negli archivi ambientali e sanitari regionali e di quanto prodotto da indagini e ricerche effettuate nel passato.

La ricerca si è svolta in fasi successive:

- la prima fase, rivolta all'analisi dei dati disponibili sull'inquinamento di aria, acqua e suolo rilevati nell'area geotermica e alla valutazione del possibile ruolo in termini di esposizione della popolazione;
- la seconda fase, orientata all'analisi dei dati sanitari e alla ricerca di significative aggregazioni geografiche di malattie, con il confronto dei tassi di mortalità, di ospedalizzazione e degli eventi sfavorevoli della riproduzione tra aree geotermiche e non;
- nella terza fase sono state approfondite le analisi su altri dati sanitari (studio di prevalenza), con particolare riferimento alla distribuzione di alcune importanti malattie croniche;
- infine, è stata effettuata una valutazione della correlazione tra alcuni inquinanti presenti nell'area in studio e patologie ambiente-correlate, utilizzando dati aggregati a livello comunale.

I risultati dell'indagine sono raccolti nel Rapporto «Progetto di ricerca epidemiologica sulle popolazioni residenti nell'intero bacino geotermico toscano», scaricabile dal sito dell'ARS (<http://www.ars.toscana.it/web/guest/news/-/blogs/lo-studio-completo-dell-ars-sulla-geotermia>).

Rispetto al documento sopra citato, il presente supplemento non contiene l'analisi di prevalenza, poiché essa non apporta informazioni aggiuntive di rilievo rispetto alle analisi della mortalità e dell'ospedalizzazione. Quanto all'analisi di correlazione tra dati ambientali e di salute, è attualmente in corso una elaborazione su dati aggiornati e più dettagliati di tipo ambientale, con la finalità di un secondo supplemento.

Nel presente volume sono invece incluse analisi aggiuntive finalizzate a migliorare l'affidabilità e l'informatività dei risultati, e in particolare le analisi degli indicatori di mortalità e di ospedalizzazione corrette per indice di deprivazione materiale per limitare il confondimento socioeconomico e la stratificazione per classi di età per identificare le classi a maggiore impatto.

Riassunto/Summary

Obiettivo

Le limitate conoscenze scientifiche sui rapporti tra esposizione a fattori ambientali correlati all'attività geotermica e lo stato di salute della popolazione esposta hanno motivato la conduzione di una indagine epidemiologica nell'area geotermica toscana basata sull'analisi dei dati ambientali e sanitari disponibili negli archivi regionali. Lo studio ha lo scopo di descrivere lo stato di salute delle popolazioni residenti nelle aree geotermiche toscane, identificate con i territori comunali per i quali sono state rilasciate concessioni di sfruttamento della risorsa geotermica.

Disegno

Lo studio è di tipo ecologico e quindi non adatto a produrre evidenze che permettano di esprimere un giudizio sul nesso causa-effetto. I maggiori limiti degli studi ecologici derivano dall'assunzione che la residenza anagrafica a livello comunale rappresenti una valida misura di esposizione a fattori sia ambientali sia socioeconomici e dall'utilizzo di dati aggregati degli esiti sanitari che possono portare a risultati affetti da *fallacia ecologica*.

Setting e partecipanti

I comuni inclusi nell'area geotermica dello studio sono 16, di cui 8 compresi nell'area geotermica cosiddetta «tradizionale», che include le località di Larderello, Val di Cornia e Radicondoli-Travale (area geotermica Nord) e gli altri 8 situati nella zona dell'Amiata senese e grossetana (area geotermica Sud). Nel periodo 2000-2006 la popolazione media residente nell'area geotermica complessiva era di oltre 43.000 abitanti. Al momento dello studio erano attive 31 centrali geotermoelettriche con capacità di produzione di 811 MW, di cui 5 con 88 MW totali nell'area geotermica Sud.

Le analisi statistiche sono state effettuate a livello di intera area geotermica, delle due subaree geotermiche (Nord e Sud) e dei 16 comuni.

Principali misure di outcome

La **mortalità** è stata analizzata utilizzando i dati del Registro di mortalità regionale della Toscana per l'intero periodo disponibile (1971-2006), con dettaglio per 60 cause, scelte in quanto di interesse generale per il profilo di salute della popolazione o perché coerenti con i criteri adottati dal Progetto SENTIERI.

L'**ospedalizzazione** è stata valutata analizzando i dati delle schede di dimissione ospedaliera (SDO) della Re-

Objective

The limited scientific knowledge on relationship between exposure and health effects in relation to geothermal activity motivated an epidemiologic investigation in Tuscan geothermal area.

The study aims to describe the health status of populations living in Tuscany municipalities where concessions for exploitation of geothermal resources were granted.

Design

This is an ecological study, so it is not useful to produce evidence to sustain a judgment on the cause-effect link. The major limits of this type of study are the use of the residence at municipal level as a proxy of exposure to both environmental and socioeconomic factors and the use of aggregated data of health outcomes that can lead to the well-known ecological fallacy.

Setting and participants

Sixteen municipalities were included in the study area: eight are part of the so-called "traditional" geothermal area, defined as Northern Geothermal Area (NGA) and eight located in the Amiata Mountain defined as Southern Geothermal Area (SGA).

In 2000-2006, the average resident population in the overall area was approximately 43,000 inhabitants. Thirty-one geothermal power plants were active, with a production capacity of 811 MW, 5 of them with 88 MW located in the SGA.

Statistical analyses on the entire geothermal area, NGA and SGA subareas, and the sixteen municipalities were performed.

Main outcome measures

Mortality data were obtained from Tuscany Regional Mortality Registry for the 1971-2006 period, analysing 60 causes of death, of interest for population health status or consistent with "Project SENTIERI" criteria.

Hospital discharge records of residents in Tuscany Region in 2004-2006, anywhere admitted to hospital, were analyzed considering only the main diagnosis, excluding repeated

gione Toscana nel periodo 2004-2006, includendo i ricoverati residenti in Toscana ovunque abbiano effettuato un ricovero, considerando solo la diagnosi principale di ricovero, escludendo i ricoveri ripetuti degli stessi soggetti per la stessa causa. Le cause di ospedalizzazione selezionate per l'analisi dei ricoveri sono le stesse utilizzate per l'analisi della mortalità.

Per la mortalità sono stati calcolati i tassi di mortalità standardizzati per età (TSDM) e i trend temporali dei TSDM in quattro periodi (1971-1979, 1980-1989, 1990-1999, 2000-2006). Sia per la mortalità del periodo 2000-2006, sia per l'ospedalizzazione del periodo 2004-2006, sono stati calcolati:

- i rapporti di mortalità/ospedalizzazione standardizzati per età (SMR/SHR), con e senza aggiustamento per l'indice di deprivazione (ID), utilizzando per il calcolo dell'ID i dati del censimento 2001, con gli attesi calcolati usando il tasso di mortalità/ospedalizzazione della popolazione residente nei comuni limitrofi (comuni con la coordinata geografica del municipio compresa in un cerchio con raggio di 50 km centrato sull'area in studio);
- le stime bayesiane dei rapporti di mortalità (BMR) e di ospedalizzazione (BHR) a livello esclusivamente comunale;
- le mappe (*disease mapping*) dei rischi bayesiani di mortalità/ospedalizzazione comunali.

Le **malformazioni congenite** (MC) sono state analizzate utilizzando i dati del Registro toscano dei difetti congeniti (RTDC) nel periodo 1992-2006, relativi a esiti di gravidanze di donne residenti nei comuni dell'area in studio, ovunque sia avvenuto il parto o l'interruzione di gravidanza. Per le MC è stato calcolato il rapporto tra casi osservati e casi attesi (O/A), con gli attesi definiti in base al tasso regionale e vengono fornite le stime bayesiane del rapporto O/A (BMR) a livello esclusivamente comunale. Per valutare il basso peso e il rapporto tra maschi e femmine alla nascita sono stati utilizzati i dati dei certificati di assistenza al parto della Regione Toscana, relativi al periodo 2001-2007, con esclusione degli eventi occorsi in presidi di altre regioni. L'analisi è stata condotta considerando i nati con: basso peso alla nascita (LW: peso <2.500 grammi), bassissimo peso alla nascita (VLW: peso <1.500 grammi), basso peso alla nascita nelle donne con età gestazionale normale e maggiore di 36 settimane (LW36), età gestazionale inferiore a 36 settimane, e il numero di maschi osservato. Per tutti gli indicatori è stato calcolato il rapporto osservato/atteso, con l'atteso definito in base al tasso regionale.

Risultati

Il contesto ambientale

Dalla descrizione del contesto ambientale, per quanto riguarda l'**acqua**, emerge come elemento di criticità il riscontro talvolta di elevati livelli di arsenico nelle acque della rete di distribuzione degli acquedotti, tanto che in diverse realtà comunali si è dovuto far ricorso alla concessione di deroghe ai parametri previsti dal decreto legislativo vigente (DLgs 31/01). Comunque, durante la fase conclusiva dello studio, nell'area geotermica Sud i nuovi sistemi abbattitori hanno ridotto i livelli di arsenico nella rete idrica fino a valori tali da non dover più ricorrere alle deroghe, ancora attive, invece, in alcuni comuni dell'area geotermica Nord.

Le informazioni dell'ARPAT sui dati dell'**aria** evidenziano che l'attività geotermica è in grado di modificare la qualità dell'aria, soprattutto per

admissions for the same cause. The causes taken into account are the same analysed for mortality were considered. Age-standardized mortality rates (TSDM) and the temporal trends of TSDM for four periods (1971-1979, 1980-1989, 1990-1999, 2000-2006) were computed.

Age-standardized mortality/hospitalization ratios (SMR/SHR), with and without adjustment for the deprivation index based on 2001 census data, were calculated: mortality in the years 2000-2006 and hospitalization in 2004-2006.

The expected number of events were computed using rates of residents in neighbouring municipalities (municipalities included in 50 km radius circle centred on the study area). Bayesian estimates of mortality/hospitalization ratios (BMR/BHR) at municipal level only and relating maps of the Bayesian risk estimators were elaborated.

Congenital malformations (MC) were analysed using data from Tuscan Registry of Birth Defect in 1992-2006 period, relative to outcomes of pregnancies in women resident in the municipalities of study area, wherever the birth or termination of pregnancy occurred.

The ratio between observed and expected cases (O/A), with expected defined according to regional rate, were calculated and O/A Bayesian estimates (BMR) are showed only at municipal level .

The low weight and the males/females ratio at birth were analysed using data from Tuscany Birth Certificates, covering period 2001-2007, excluding births occurred in facilities outside Tuscany Region. For Low birth weight (<2,500 grams), very low birth weight (<1,500 grams), low birth weight in women with normal gestational age or greater than 36 weeks, gestational age less than 36 weeks, and the frequency of males, the observed/expected ratio was calculated, with the expected number defined according to regional rate.

Results

Environmental background

High levels of arsenic in drinking water distribution emerges as a critical element, so that several municipalities resorted to granting exemptions for the parameters laid down by the Legislative Decree in force (DLgs 31/01). However, during the final phase of the study, new blast systems activated in the SGA decreased the arsenic levels in the water supply, reaching values not requiring derogations, which, instead, are still effective in some NGA municipalities.

Air quality data, from Tuscany Regional Agency for Environmental Protection-ARPAT, show that geothermal activities are able to affect air quality, especially with hydrogen sulphide in NGA, and hydrogen sulphide and mercury in SGA.

A significant contribution to the presence of mercury in air is due to previous metallurgical sites. Although mercury levels are below WHO guideline values, in SGA nearby Siena, values were significantly higher than in other geothermal

l'acido solfidrico nell'area geotermica Nord, e per l'acido solfidrico e il mercurio nell'area geotermica Sud, in particolare nel versante senese dell'Amiata.

Per il mercurio nell'aria, un contributo rilevante è legato anche alle emissioni dagli ex siti metallurgici. Sebbene i livelli di mercurio nelle postazioni di monitoraggio rientrano sempre al di sotto dei valori guida raccomandati dall'OMS, le concentrazioni riscontrate nell'aria dell'Amiata senese, e perlopiù legate alla centrale PC2 di Piancastagnaio (spenta nel luglio 2011), sono significativamente superiori a quelle rilevate nelle altre aree geotermiche che, al contrario, sono assestate sugli stessi livelli registrati nei territori non geotermici.

I livelli di concentrazione di acido solfidrico sono inferiori ai valori di riferimento, con occasionali superamenti del valore guida di tutela sanitaria OMS (150 µg/m³ come media delle 24 ore). Più critici sono i dati di inquinamento olfattivo, che si verifica con il superamento del valore di 7-10 g/m³ di acido solfidrico nell'aria, riscontrato con vario grado di intensità in tutte le postazioni di monitoraggio, anche in aree dove non sono presenti impianti geotermici. In alcune aree con insediamenti produttivi geotermici la frequenza, la persistenza e l'intensità dei cattivi odori sono tali da comportare condizioni di qualità dell'aria scadente.

La salute della popolazione

La parte sanitaria della ricerca ha valutato lo stato di salute della popolazione residente nell'area geotermica toscana analizzando la distribuzione geografica e temporale della mortalità e dell'ospedalizzazione per cause specifiche, insieme ad alcuni indicatori di salute riproduttiva (malformazioni congenite, basso peso alla nascita, rapporto tra i sessi nei nuovi nati).

In entrambe le aree geotermiche i **tassi di mortalità** generale sono in costante diminuzione dal 1971 al 2006, sia per i maschi sia per le femmine, con profilo sovrapponibile all'andamento regionale.

Nel periodo tra il 2000 e il 2006 nell'area geotermica complessiva si registra un significativo eccesso di mortalità per tutte le cause tra i maschi (2.312 decessi, 2.146 attesi), ma non tra le femmine, rispetto alla mortalità osservata nello stesso periodo tra i residenti dei comuni limitrofi. L'eccesso a carico dei maschi è più evidente per le malattie infettive (25 decessi, 10 attesi), in particolare per la tubercolosi (8 decessi, 2 attesi), per quelle respiratorie (218 decessi, 170 attesi), in particolare la pneumoconiosi, rappresentata da decessi per silicosi (51 decessi, 14 attesi) e per le malattie del sistema nervoso (72 decessi, 56 attesi).

Tra le femmine si rileva un eccesso significativo di mortalità per cirrosi epatica (35 decessi, 25 attesi) e un altrettanto significativo scostamento in difetto per malattie cardiovascolari e malattie ischemiche cardiache.

Nell'area geotermica Nord, per i maschi si osservano scostamenti in difetto rispetto all'atteso del 15% per i tumori di tutte le sedi, ed in particolare del 25% per il tumore polmonare. Sempre tra i maschi, i pochi eccessi di mortalità significativi si registrano per le malattie infettive (11 decessi osservati, 4 attesi) e per le malattie respiratorie (90 osservati, 73 attesi), in particolare per pneumoconiosi (20 osservati, 6 attesi). Tra le femmine emergono eccessi significativi per il tumore dell'ovaio (17 osservate, 10 attese) e per i disturbi circolatori dell'encefalo (170 osservati, 140 attesi).

areas, because of power plant PC2 (turned off in July 2011) in Piancastagnaio municipality.

The hydrogen sulphide concentration levels were generally lower than WHO reference values, with occasional excesses over guideline value for health protection (150 µg/m³ as average of the 24 hours).

Olfactory pollution was more critic with values exceeding 7-10 µg/m³ range even in areas without geothermal plants.

Population's health status

This study evaluated health status of resident population in geothermal areas analysing geographic and temporal distribution of mortality, hospitalization and reproductive health outcomes (congenital malformations, low birth weight, sex ratio among newborns).

In both geothermal areas **mortality rates** steadily declined from 1971 to 2006, in males and females, in line with the regional trends. In 2000-2006 period, in the overall geothermal area a significant mortality excess was observed for all causes among males (2,312 deaths, 2,146 expected), but not among females, using as referenc residents in neighbouring municipalities.

The mortality excess among males was more evident for infectious diseases (25 deaths, 10 expected), especially tuberculosis (8 deaths, 2 expected), for respiratory diseases (218 deaths, 170 expected), in particular pneumoconiosis, including deaths from silicosis (51 deaths, 14 expected), and for nervous system diseases (72 deaths, 56 expected). Among females significant mortality excess for liver cirrhosis (35 deaths, 25 expected) emerged, while mortality from cardiovascular diseases and ischemic heart diseases were significantly lower than expected.

In the NGA, mortality among men was lower than expected for all cancers (-15%), in particular for lung cancer (-25%), while values significantly in excesses were observed for infectious diseases (11 observed, 4 expected) and respiratory diseases (90 observed, 73 expected), especially pneumoconiosis (20 observed, 6 expected). Among females, significant mortality excesses for ovarian cancer (17 observed, 10 expected) and for circulatory disorders of brain (170 observed, 140 expected) resulted.

In the SGA, mortality was more critical, accounting for majority of the excesses detected in overall Geothermal Area. In fact, only infectious diseases and pneumoconiosis were detected in excess in both the geothermal areas. In the SGA, excess of general mortality among males (1,431 deaths; 1,245 expected) but not among females emerged. Even for all cancers, an excess among males (505 deaths, 419 expected) was observed, in particular for cancer of stomach (53 deaths, 44 expected, not statistically significant after adjusting for DI), liver (39 deaths, 23 expected) and lung (124 deaths, 102 expected) cancer.

Mortality in SGA was also in excess for respiratory diseases only among men (128 deaths, 97 expected), mostly due to silicosis (31 deaths, 8 expected), although steadily decreasing

L'area geotermica Sud presenta maggiori criticità, che spiegano gran parte degli eccessi rilevati nell'area geotermica complessiva. Solo le malattie infettive e la pneumoconiosi, infatti, sono le cause rilevate in eccesso in entrambe le aree geotermiche.

Nell'area geotermica Sud la mortalità generale è in eccesso nei maschi (1.431 decessi, 1.245 attesi), ma non nelle femmine. Anche per l'insieme dei tumori risulta un eccesso solo tra i maschi (505 decessi, 419 attesi). Tra i tumori, gli eccessi si polarizzano su quelli dello stomaco (53 decessi, 44 attesi, non significativo dopo aggiustamento per ID), del fegato (39 decessi, 23 attesi) e del polmone (124 decessi, 102 attesi). L'eccesso significativo di mortalità per malattie dell'apparato respiratorio riscontrato nell'area geotermica Sud è presente solo nei maschi (128 decessi, 97 attesi), legato perlopiù all'eccesso di mortalità per silicosi (31 decessi, 8 attesi) e in costante decremento dal 1971, coerente con l'andamento temporale decrescente regionale. La tubercolosi risulta in eccesso nell'area geotermica Sud (7 decessi, un atteso). Tra le femmine si rileva un eccesso significativo di mortalità per malattie respiratorie acute (41 osservate, 29 attese). La mortalità per malattie respiratorie acute, dopo una diminuzione dagli anni Settanta agli anni Novanta, mostra una tendenza alla risalita negli anni più recenti nell'area geotermica Sud, con profilo analogo al trend storico della regione Toscana. Tra le singole malattie respiratorie acute la diagnosi più comune è quella di polmonite, soprattutto tra i più anziani (>64 anni), che nel certificato di decesso è spesso di modesta affidabilità. Sempre tra le femmine, nell'area geotermica Sud si rileva anche un eccesso di mortalità per malattie dell'apparato digerente (72 osservate e 55 attese).

I risultati dell'**analisi dei ricoverati** mostrano che nell'area geotermica complessiva non si osservano eccessi per il totale delle cause e per il totale dei tumori in entrambi i generi. Emergono eccessi statisticamente significativi di ricoverati per il tumore dello stomaco, sia tra i maschi (49 osservati, 38 attesi, che conferma il risultato emerso dall'analisi della mortalità), sia tra le femmine (42 osservati, 28 attesi), e di ricoverate per i tumori linfoematopoietici tra le femmine, in particolare per leucemie linfatiche (15 osservati, 5 attesi).

Come evidenziato anche nell'analisi della mortalità, i risultati dei ricoverati, distinti per aree geotermiche e genere, evidenziano una maggiore criticità di ospedalizzazione causa-specifica nell'area geotermica Sud rispetto a quella Nord. In questa, la frequenza di ricoverati per tutte le cause è in eccesso significativo per le femmine (1.357 osservati, 1.284 attesi) e non significativo per i maschi (1.193 osservati, 1.141 attesi), mentre un eccesso ai limiti della significatività statistica per tutti i tumori emerge solo per le femmine (297 osservati, 272 attesi). Inoltre si osservano eccessi di ricoverati statisticamente significativi per le malattie dell'apparato digerente in entrambi i generi (M: 392 osservati, 350 attesi; F: 300 osservati, 268 attesi), per le demenze (16 osservati, 8 attesi) e per i tumori del sistema linfoematopoietico tra le femmine, in particolare per le leucemie linfatiche (9 osservati, 2 attesi).

Nell'area geotermica Sud, diversamente da quanto emerso dai risultati della mortalità, non si osservano eccessi di ricoverati per il totale delle cause e per il totale dei tumori in entrambi i generi. L'analisi delle cause evidenzia eccessi statisticamente significativi di ricoverati per tumore allo stomaco (M: 32 osservati, 21 attesi, non significativo dopo aggiustamento per ID; F: 29 osservati, 18 attesi), malattie dell'apparato respiratorio (M: 408 osservati, 351 attesi; F: 339 osservati, 277 attesi)

since 1971 as observed at regional level. Also tuberculosis resulted in excess in SGA (7 deaths, 1 expected). Among females acute respiratory disease mortality was significantly in excess (41 observed, 29 expected).

Temporal trend showed a decline from the 70s to the 90s, with a rising trend in recent years in line with Tuscany region. It should be considered that pneumonia was the commonest cause of death of acute respiratory diseases, which allow for lower reliability of death certificate, especially among the elderly (> 64 years). Among females resident in SGA a mortality excess from digestive system diseases was observed (72 observed, 55 expected).

*The **hospitalization** in the overall Geothermal Area did not show any excess for all causes and all tumours in both genders. Statistically significant excesses for hospital admission from stomach cancer among males (49 observed, 38 expected) and females (42 observed, 28 expected), and from lymphohematopoietic tumours among females, particularly from lymphatic leukaemia (15 observed, 5 expected), were observed.*

As mortality analysis highlighted, also hospital admissions by geothermal areas and gender showed a worst picture in SGA than in NGA. In the latter, a significant excess of hospital admissions from all causes among females (1,357 observed, 1,284 expected) but not among males (1,193 observed, 1,141 expected) and an excess - close to statistical significance - from all tumours only among females (297 observed; 272 expected) were observed. Furthermore, statistically significant excesses of hospital admissions from digestive system diseases in both genders (M: 392 observed, 350 expected; F: 300 observed, 268 expected), from dementias (16 observed, 8 expected) and from lymphohematopoietic cancers among females, particularly from lymphatic leukaemia (9 observed, 2 expected), were observed.

In the SGA, statistically significant excesses of hospital admissions for stomach cancer (M: 32 observed, 21 expected, not significant after adjusting by DI; F: 29 observed, 18 expected), for respiratory diseases (M: 408 observed, 351 expected; F: 339 observed, 277 expected) and for renal failure (M: 61 observed, 41 expected; F: 52 observed, 34 expected) were observed in both genders.

Among males, statistically significant excesses of hospital admissions for liver cancer (23 observed, 14 expected), Parkinson's disease (10 observed, 4 expected) and genitourinary diseases (312 observed, 282 expected) emerged; among females statistically significant excesses of hospital admissions for oesophagus cancer (4 observed, 1 expected), for circulatory disorders of the brain (235 observed, 209 expected), for chronic-obstructive pulmonary disease (70 observed, 42 expected), and an excess close to the statistical significance for cancer of the central nervous system (22 observed, 14 expected) was observed.

***Congenital malformations** results, which take into account births and pregnancy interruption after prenatal anom-*

e insufficienza renale (M: 61 osservati, 41 attesi; F: 52 osservati, 34 attesi) per entrambi i generi. Per gli uomini si evidenziano eccessi di ricoverati statisticamente significativi per il tumore del fegato (23 osservati, 14 attesi), per il morbo di Parkinson (10 osservati, 4 attesi) e per le malattie genito-urinarie (312 osservati, 282 attesi). Per le donne emergono eccessi statisticamente significativi di ricoverate per tumore dell'esofago (4 osservati, un atteso), per disturbi circolatori dell'encefalo (235 osservati, 209 attesi), per malattie polmonari cronico-ostruttive (70 osservati, 42 attesi) e ai limiti della significatività per tumore del sistema nervoso centrale (22 osservati, 14 attesi).

Per quanto riguarda le **malformazioni congenite**, dal complesso delle analisi effettuate considerando i nati e le interruzioni di gravidanza in seguito a diagnosi prenatale di anomalia, emerge un unico eccesso statisticamente significativo a carico delle MC urogenitali nell'area geotermica Sud. Le analisi sul basso peso alla nascita, sulle nascite pretermine e sul rapporto osservato/atteso nei maschi, non evidenziano scostamenti rispetto ai riferimenti regionali.

Conclusioni

Il presente studio epidemiologico descrittivo, basato su dati ambientali e sanitari esistenti riferiti ai comuni di residenza dell'area geotermica toscana, ha mostrato un quadro epidemiologico complessivo non difforme da quello dei comuni limitrofi non geotermici, con l'eccezione della mortalità per tutte le cause tra i maschi risultata in eccesso. Sono tuttavia da segnalare alcuni eccessi di mortalità e ricovero emersi per un numero limitato di malattie, più evidenti nell'area geotermica dell'Amiata (area geotermica Sud) rispetto a quella della provincia di Pisa (area geotermica Nord).

I risultati complessivi, più critici per i maschi e prevalentemente disallineati tra mortalità e ricovero, sono suggestivi di un ruolo principale delle occupazioni e attività produttive pregresse e degli stili di vita individuali, senza escludere del tutto fattori ambientali. Le cause di morte e ricovero di maggior interesse sul piano eziologico sono risultate le malattie respiratorie acute, in eccesso di mortalità tra le donne dell'area geotermica Sud, i disturbi circolatori dell'encefalo, in eccesso di mortalità tra le donne dell'area geotermica Nord, le malattie dell'apparato respiratorio e le insufficienze renali, in eccesso di ospedalizzazione nell'area geotermica Sud per entrambi i generi.

Tali eccessi, osservati in aree con presenza documentata di inquinamento di diversa fonte e tipologia e con elevata preoccupazione delle comunità locali, hanno rafforzato le indicazioni per il monitoraggio e il miglioramento della qualità ambientale, e indirizzato a suggerire alle autorità regionali e locali l'opportunità di approfondimenti epidemiologici specifici e di interventi di rafforzamento di alcune attività del servizio sanitario.

Epidemiol Prev 2012; 36(5) suppl 1: 1-104

Parole chiave: geotermia, acido solfidrico, aree a rischio, stato di salute, studio ecologico, mortalità, ricoveri ospedalieri, esiti riproduzione

aly diagnosis show a statistically significant excess of urogenital anomalies in the SGA. Analysis of low birth weight, preterm birth and ratio O/A in males, showed no deviations from the regional references.

Conclusions

Overall this descriptive epidemiological study showed that the health status picture of Geothermal Area is not dissimilar from the one observed in neighbouring communities, with the exception of a worst general mortality among males.

However, some mortality and hospitalization excesses are worth of note, most evident in the geothermal area of Amiata (SGA) compared to that of the province of Pisa (NGA). The overall results, showing more critical traits for males and a substantial non alignment of mortality and hospitalization, are suggestive of an etiological role of occupational exposures or individual lifestyles, even if effects of environmental factors cannot be excluded. Among the causes of death and hospitalization which showed excesses, acute respiratory diseases, with mortality excess among females in the SGA, circulatory disorders of the brain, with mortality excess among females in the NGA, respiratory system diseases and renal failure, with hospitalization excess in the SGA in both genders, are proposed for further insights.

In fact, these excesses observed in areas characterized by documented presence of pollutants of different sources and great concern of the local communities, reinforced the indications for improving environmental quality and environment and health monitoring. Recommendations to the regional and local authorities for ad hoc epidemiological investigations and public health interventions were released.

Epidemiol Prev 2012; 36(5) suppl 1: 1-104

Keywords: geothermal energy, hydrogen sulphide, risk areas, health status, ecological study, mortality, hospital admissions, adverse reproductive outcomes

Capitolo 1

Geotermia e salute

Geothermal energy and health

La geotermia è una disciplina delle scienze della terra che studia la produzione e il trasferimento del calore che si origina nella crosta terrestre in seguito al decadimento di isotopi radioattivi.^{1,2} I vulcani, i geyser, le fumarole e le sorgenti calde sono le manifestazioni naturali visibili di questa energia termica contenuta nella Terra.

Le aree geotermiche sono caratterizzate da condizioni geologiche che permettono a un vettore (acqua in fase liquida o vapore) di trasportare il calore da una sorgente termica verso la superficie. La produzione di elettricità è la forma di utilizzazione più importante delle risorse geotermiche ad alta temperatura (>150°C), come nel caso delle aree geotermiche toscane. Le risorse geotermiche a temperatura medio-bassa (<150°C) sono adatte a vari tipi di impiego, quali riscaldamento e condizionamento degli edifici e varie attività industriali, agricole e di allevamento.³

Nel caso di utilizzazione per la produzione di energia elettrica, il fluido geotermico, composto da una miscela di gas e vapore ad alta temperatura, viene estratto da pozzi profondi e, dopo il passaggio attraverso stadi di condensazione e scambio di calore nell'impianto per la produzione di energia, viene reiniettato nel sottosuolo attraverso pozzi di reiniezione.

Impatto ambientale

L'impatto ambientale determinato dallo sfruttamento dell'energia geotermica, sebbene sia stato considerato trascurabile fino agli anni Sessanta, negli ultimi anni è diventato oggetto di indagini più approfondite. Gli impianti geotermici per usi energetici favoriscono il trasporto verso la superficie dei fluidi con emissione in atmosfera di vapori e sostanze inquinanti che possono raggiungere concentrazioni superiori a quelle delle emissioni naturali.⁴ L'entità delle conseguenze ambientali indotte dagli impianti geotermici dipende dal tipo di impianto, dalle caratteristiche geologiche e morfologiche dell'area e dalle condizioni meteo-climatiche locali. Le emissioni degli impianti geotermoelettrici attuali sono costituite da vapori rilasciati attraverso le torri di raffreddamento, mentre i condensati sono reiniettati in profondità e i fanghi smaltiti in discarica. Le emissioni aeree sono composte per lo più da anidride carbonica (85,4%), idrogeno solforato (1-2%) e metano (0,4%).⁴ In misura minore vengono emessi anche azoto, idrogeno, ammoniaca, acido borico, radon, gas rari ed elementi in tracce in forme volatili, come mercurio, arsenico e antimonio.³ Oltre alle emissioni di inquinanti, lo sfruttamento geotermico può accompagnarsi a problemi di subsidenza (abbassamento del suolo), di interferenza con la sismicità naturale, di inquinamento acustico per i lavoratori degli impianti e di danni al paesaggio.³

Effetti sulla salute umana

Tra le conseguenze delle emissioni derivanti dall'attività geotermica preoccupano maggiormente quelle per la salute umana. A oggi sono ancora scarsi gli studi condotti in popolazioni residenti in aree geotermiche. Nel 2004 è stata pubblicata una revisione sistematica sui rischi sanitari per l'uomo dovuti all'esposizione a gas di origine vulcanica e geotermica, sia naturale sia antropica.⁵ Dei 29 studi valutati, 19 erano di tipo epidemiologico, di cui 15 condotti in popolazioni residenti in aree vulcaniche e solo quattro in residenti in aree geotermiche. Di questi, tre sono stati svolti a Rotorua (Nuova Zelanda) e uno nelle Hawaii.⁶⁻⁹

Rotorua è una cittadina di circa 50.000 abitanti situata nell'area vulcanica attiva del Taupo, dove vive una delle più grandi comunità al mondo esposte a emissioni geotermiche. Caratteristiche attrazioni turistiche dell'area sono i geysers, le sorgenti calde e i soffioni. Sebbene negli anni a Rotorua siano stati documentati casi gravi per esposizione acuta a valori molto elevati di acido solfidrico, quest'area offre l'opportunità di studiare gli effetti sulla salute indotti da esposizioni croniche a dosi relativamente basse di acido solfidrico nell'aria. Campagne di monitoraggio degli anni Settanta evidenziavano un quarto della popolazione esposta a valori di acido solfidrico (H_2S) superiori ai 200 $\mu g/m^3$ (143 ppb), con picchi di concentrazioni oltre i 1.500 $\mu g/m^3$.

Nel primo studio del 1997, gli autori hanno valutato l'incidenza di difetti congeniti e la mortalità per malattie del sistema nervoso, cardiocircolatorio e respiratorio nel periodo 1981-1990, nei residenti a Rotorua rispetto all'intera popolazione della Nuova Zelanda.⁶ Rapporti standardizzati di mortalità (SMR) significativamente più elevati sono stati identificati solo per le malattie del sistema respiratorio nelle donne Maori (SMR 161; IC95% 119-212). Gli autori non hanno escluso che i risultati potessero risentire di *bias* di registrazione dell'etnia.

Nel successivo studio del 1998, Bates et al., studiando l'incidenza di tumori e l'ospedalizzazione per diverse cause nei residenti a Rotorua nel periodo 1981-1990, hanno riscontrato un eccesso statisticamente non significativo di rapporti di incidenza standardizzati per età (SIR) di tumori nasali (SIR 167; IC95% 54-390) e della laringe (SIR 126; IC95% 73-202).⁷ Rispetto alle coetanee neozelandesi, le donne Maori mostravano un maggiore rischio di incidenza di tumori alla trachea, bronchi e polmoni (SIR 148; IC95% 103-206). Indipendentemente dal genere e dall'etnia, eccessi statisticamente significativi di ricoveri sono stati rilevati per malattie del sistema nervoso (SIR 111; IC95% 107-115), del sistema circolatorio (SIR 105; IC95% 102-107) e del sistema respiratorio (SIR 101; IC95% 99-104). Nel terzo studio del 2002, l'area di Rotorua è stata categorizzata in base ai livelli di acido solfidrico nell'aria, definiti con metodo colorimetrico semiquantitativo utilizzando campionatori passivi con carta fotografica trattata.⁸ Le numerose misure effettuate nella città, anche grazie al basso costo della metodologia, hanno mostrato valori di H_2S nel range di 320-800 ppb (0,4-1,1 mg/m^3) per le zone a elevata esposizione e nel range di 0-40 ppb (0-56 $\mu g/m^3$) nelle aree a bassa esposizione.^{10,11} Per ciascuna area di esposizione ad H_2S sono stati calcolati i SIR, aggiustati per genere, età ed etnia, per cause neurologiche, respiratorie e cardiovascolari nel periodo 1993-1996. Tra i residenti di Rotorua, rispetto ai neozelandesi, sono emersi andamenti crescenti dei SIR al crescere dell'esposizione, sia per le malattie neurologiche (esposizione alta: SIR 219; IC95% 199-241; esposizione media: SIR 131; IC95% 11-147; esposizione bassa: SIR 123; IC95% 116-130), sia

per le malattie respiratorie (esposizione alta: SIR 165; IC95% 151-179; media: SIR 103; IC95% 94-114; bassa: SIR 111; IC95% 106-116), sia per le malattie cardiovascolari (esposizione alta: SIR 139; IC95% 129-150; media: SIR 95; IC95% 86-106; bassa: SIR 108; IC95% 102-113). Gli autori hanno concluso concordando sull'opportunità di ulteriori indagini epidemiologiche di approfondimento a Rotorua, che si sono concretizzate con uno studio di coorte, attualmente ancora in corso, su un campione di 1.800 adulti (18-65 anni) valutati con questionari, test spirometrici, neurofisiologici, neurocomportamentali e di performance visiva.

Successivamente alla revisione bibliografica del 2004, Durand et al. hanno pubblicato un altro studio nell'area di Rotorua, condotto con un'analisi di clustering spaziale per sezione di censimento per il periodo 1991-2001.¹² Gli autori hanno rilevato addensamenti significativi di casi di malattie dell'apparato respiratorio, di asma e di broncopneumopatie croniche ostruttive nelle aree con livelli più elevati di H_2S .

Al di fuori dell'area di Rotorua si può contare solo su un'indagine, condotta da Legator in due comunità di residenti in aree soggette a esposizione ad acido solfidrico, rispettivamente per la presenza di una centrale geotermoelettrica a Puna (Hawaii) e di un impianto industriale a Odessa (Texas), utilizzando come confronto i non esposti di alcune comunità degli stessi paesi (Legator, 2001).⁴ In particolare, rischi maggiori sono emersi per sintomi del sistema nervoso centrale (OR 13; IC95% 8-22), per sintomi respiratori (OR 12; IC95% 6-26) e per alterazioni ematologiche (OR 8; IC95% 4-21). I rischi neurologici e respiratori sono coerenti con quelli rilevati a Rotorua, anche se nello studio di Legator sono riferiti a esposizioni più basse ad H_2S .

A Odessa, una campagna di monitoraggio eseguita nel 1992 riportava una concentrazione annuale media di H_2S nel range di 3-40 $\mu g/m^3$ e una concentrazione massima giornaliera di 150-300 $\mu g/m^3$.

A Puna, secondo quanto riportato dagli autori, sebbene non fossero disponibili dati di monitoraggio ambientale, un'indagine dell'Agency for Toxic Substances & Disease Registry (ATSDR) riportava valori di H_2S modesti, nel range dei microgrammi/ m^3 , con picchi occasionali. I risultati dello studio di Legator sono condizionati da *response* e *recall bias* per la maggiore sensibilità e accuratezza degli esposti nel rispondere alle domande e ricordare sintomi, eventi ed esposizioni del passato, favoriti anche dal clima conflittuale sviluppatosi nella comunità sul tema del rischio ambientale indotto dagli impianti geotermici.

L'insieme dei pochi studi epidemiologici condotti sugli esposti alle emissioni geotermiche, sia naturali sia antropiche, a oggi suggerisce una possibile associazione tra esposizione ad acido solfidrico, anche a concentrazioni relativamente basse, e alcuni esiti sanitari, soprattutto a carico del sistema nervoso centrale e del sistema respiratorio. I dise-

gni di studio condotti non sono, però, sufficienti a evidenziare una relazione di causalità tra esposizione ed effetto.

I maggiori inquinanti di origine geotermica

Elementi aggiuntivi sui rapporti tra geotermia e salute possono essere desunti dalla letteratura scientifica relativa alle conseguenze sanitarie dell'esposizione ai singoli maggiori inquinanti presenti nelle emissioni naturali o antropiche di origini geotermiche, tra cui l'acido solfidrico, il mercurio, l'arsenico, il boro, l'antimonio e il radon. Viene di seguito presentata una breve sintesi delle caratteristiche tossicologiche e di patogenicità di ciascuna sostanza, con maggiore attenzione all'acido solfidrico, l'inquinante più rappresentativo delle aree geotermiche.

L'acido solfidrico (H₂S) è un gas ed emana un caratteristico odore di uova marce. La soglia olfattiva per H₂S è compresa tra i 7 e gli 11 µg/m³. Nell'aria si rileva in concentrazione di 0,15-0,46 µg/m³ per le sorgenti naturali e di 1 µg/m³ nell'ambiente urbano.¹³ Se pochi sono gli studi sugli effetti sanitari dell'esposizione all'acido solfidrico proveniente dalle attività geotermiche, più numerosi sono quelli relativi all'acido solfidrico emesso da fonti industriali. Nella **tabella 1.1** sono riportati gli effetti sull'uomo di dosi crescenti di acido solfidrico. L'ATSDR¹³ riporta come soglia di rischio minimo (*minimal risk level*, MRL), ossia la stima del livello dell'esposizione umana giornaliera che molto probabilmente non comporta rischi sanitari avversi non cancerogeni, il valore di 0,07 ppm per esposizione a inalazione acuta (≤14 giorni) di acido solfidrico e un valore 0,02 ppm per esposizione a inalazione intermedia (15-364 giorni). Non è indicata invece una soglia di rischio minimo per una esposizione cronica.

Studi di Kilburn e collaboratori condotti tra gli anni Ottanta e Novanta con test neurofisiologici e neuropsicologici su lavoratori esposti a moderate ed elevate concentrazioni di H₂S e su residenti nei pressi di emissioni industriali di H₂S, evidenziano una maggiore frequenza tra gli esposti di disturbi e sintomi come cefalea, nausea, vomito, depressione, dispnea, epistassi, sonnolenza, irritabilità, oltre

a disturbi neurocomportamentali e di performance viva.²⁶⁻²⁸ Hirsh et al.²³ hanno dimostrato danni olfattivi in lavoratori esposti a fughe accidentali di H₂S anche a distanza di due-tre anni dall'incidente. Uno studio sugli addetti alla centrale geotermoelettrica di Larderello, in Toscana, non ha evidenziato eccessi significativi di mortalità generale e per tutti i tumori.²⁹ Uno studio su adulti residenti in una cittadina finlandese nei pressi di una cartiera ed esposti a valori medi di composti dello zolfo di 2-3 µg/m³, ha rivelato una maggiore frequenza di irritazione agli occhi e al naso, di cefalea, di tosse persistente e di infezioni respiratorie rispetto a un gruppo di controlli non esposti.³⁰ In uno studio di coorte prospettico condotto successivamente da Jaakkola et al.³¹ nella stessa comunità e in una comunità di controllo, è stata rilevata una riduzione di infezioni respiratorie coerente con la riduzione registrata nella comunità esposta, ma non in quella non esposta. Uno studio di Kilburn³² del 2010 condotto su 49 lavoratori e residenti esposti a fonti industriali di H₂S e composti dello zolfo, con livelli di esposizione compresi tra 2-74 ppm (2,8-103 mg/m³) per i livelli più elevati di esposizione e 0-14 ppb (0-19,6 µg/m³) per le esposizioni minori, e su 42 soggetti non esposti, ha rilevato deficit neurologici, comportamentali e respiratori tra i più esposti e i moderatamente esposti rispetto al gruppo di controllo. I meccanismi molecolari del danno biologico da acido solfidrico non sono ancora chiari. Comunque, una fiorente letteratura scientifica sta focalizzando l'attenzione sull'H₂S anche come nuovo potenziale trasmettitore molecolare nei tessuti dei mammiferi e probabilmente presente come attore principale in diversi processi vitali cellulari. Oltre che per gli effetti dannosi, sta crescendo l'attenzione scientifica per il potenziale effetto favorevole dell'H₂S, in particolare rispetto ad alcune alterazioni molecolari alla base di disturbi cardiovascolari.³³⁻³⁵

Il **mercurio** è un altro inquinante presente tipicamente nelle emissioni degli impianti geotermoelettrici. Il metallo è presente nell'ambiente in forma inorganica e organica.

I composti organici, come il metilmercurio, possono entrare in contatto con l'uomo attraverso la catena alimentare.

Esposizione (mg/m ³)	Effetto/Osservazione	Referenze
0,011	Soglia per la quale si percepisce l'odore	Amoore & Hautala, 1983 ¹⁵
2,8	Costrizione dei bronchi per gli individui asmatici	Jappinen et al., 1990 ¹⁶
5,0	Aumento dei disturbi oculari	Vanhoorne et al., 1995 ¹⁷
7-14	Aumento della concentrazione del lattato nel sangue, diminuzione dell'attività della sintesi del citrato nei muscoli, diminuzione dell'assunzione di ossigeno	Bhambhani & Singh, 1991 ¹⁸ ; Bhambhani et al. ¹⁹ , 1996b, 1997 ²⁰
5-29	Irritazione degli occhi	IPCS, 1981 ²¹
28	Fatica, perdita di appetito, mal di testa, irritabilità, perdita di memoria, vertigini	Ahlborg, 1951 ²²
>140	Paralisi olfattiva	Hirsch & Zavala, 1999 ²³
>560	Problemi respiratori	Spolyar, 1951 ²⁴
≥700	Morte	Beauchamp et al., 1984 ²⁵

Tabella 1.1. Effetti sulla salute umana in base alla concentrazione di acido solfidrico (WHO, 2003¹⁴).

Table 1.1. Effects of increasing concentrations of hydrogen sulfide on human health (WHO, 2003¹⁴).

Fonti di esposizione umana sono anche le attività occupazionali e le amalgami dentali. Meno indagati sono gli effetti dell'inalazione di vapori di mercurio.

L'ultima revisione del profilo tossicologico del mercurio e dei suoi effetti sulla salute umana prodotta dall'ATSDR risale al 1999.³⁶ Secondo questo lavoro, la tossicità acuta per esposizione a elevate dosi di vapori di mercurio comporta tosse, dispnea, bronchiti erosive con febbre, disturbi gastrointestinali, tachicardia e ipertensione, proteinuria e insufficienza renale.³⁷⁻⁴¹ L'esposizione cronica a vapori di mercurio può indurre sintomi neurocomportamentali, come ansia, disturbi del sonno, perdita di appetito, irritabilità, affaticamento e tremori.³⁷

L'**ammoniaca** è un gas incolore, tossico, dall'odore pungente ed è comunemente emessa dalle centrali geotermoelettriche. È fondamentale nel ciclo del ricambio chimico del suolo perché fornisce l'azoto, uno dei tre elementi nutrizionali principali per piante e animali.

L'ammoniaca è prodotta naturalmente dall'organismo umano, da parte di organi e tessuti o da parte dei batteri che vivono nell'intestino e costituisce un elemento chiave nel metabolismo dei mammiferi. L'esposizione da fonti ambientali è molto modesta rispetto alla sintesi endogena. Questo gas è presente nell'aria a concentrazioni dell'ordine di qualche $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sebbene in alcune zone le concentrazioni possano aumentare, come per esempio nelle aree circostanti ad allevamenti animali intensivi.

È una sostanza corrosiva i cui principali effetti tossici sono confinati ai siti di contatto diretto, quali pelle, occhi, tratti respiratori e bocca.^{42,43} Effetti tossici sono osservati solo a esposizioni superiori a 200 mg/Kg di peso corporeo: alterazione dell'equilibrio acido-base, ridotta tolleranza al glucosio, riduzione della sensibilità all'insulina a livello tissutale.^{44,45} Studi su animali di laboratorio hanno rivelato che l'esposizione acuta a dosi elevate di sali di ammonio causa edema polmonare, acidosi, danno ai reni e al sistema nervoso centrale.^{46,47}

L'**arsenico**, a causa della sua bassa volatilità, è presente in concentrazioni molto basse nelle emissioni gassose delle centrali geotermiche. Le forme inorganiche sono molto più dannose per l'uomo rispetto a quelle organiche. Nelle acque naturali i livelli di arsenico generalmente variano tra 1 e 2 $\mu\text{g}/\text{l}$, ma le concentrazioni possono aumentare significativamente in aree vulcaniche, in prossimità di miniere e nelle acque geotermiche.^{48,49}

La normativa europea e quella italiana fissano a 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ il limite massimo di concentrazione di arsenico nelle acque destinate al consumo umano, ma con deroghe a 20 $\mu\text{g}/\text{l}$ nelle aree con elevate concentrazioni di arsenico di origine naturale.

La principale via di esposizione ad arsenico nell'uomo è quella alimentare, soprattutto attraverso il consumo di acqua, pesci, molluschi, riso, cereali, funghi e pollame, mentre assai modesta sono la via inalatoria e quella per contatto epidermico. Gli effetti avversi dell'esposizione ad arsenico

sono ben noti, indagati in studi su animali e nell'uomo, e riportati in numerose revisioni.⁵⁰⁻⁵⁴

L'arsenico inorganico è classificato dalla Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) nel Gruppo 1, «cancerogeno certo per l'uomo».⁵⁵ Le sedi tumorali più spesso interessate sono la pelle, il fegato, la vescica, i reni, la prostata e i polmoni. Effetti non cancerogeni per esposizione cronica a elevati livelli di arsenico inorganico riguardano danni alla pelle, quali iperpigmentazione e ipercheratosi, al sistema respiratorio e cardiovascolare, diabete mellito, danni neurologici e problemi riproduttivi.^{56,57}

Il **boro** è presente nei campi geotermici, emesso in atmosfera attraverso le gocce trascinate dalle torri refrigeranti. In natura è presente soprattutto nella crosta terrestre (circa 10 mg/Kg), ma anche nelle acque superficiali (0,1 mg/l) e sotterranee (0,3-100 mg/l) come risultato della lisciviazione delle rocce e dei suoli.⁵⁸ La popolazione generale può essere esposta a concentrazioni significative di boro attraverso l'alimentazione, soprattutto frutta, verdura e acqua contaminate. Gli effetti in caso di inalazione, evidenziati quasi esclusivamente negli studi occupazionali, si manifestano con tosse e dispnea.⁵⁸⁻⁶²

L'**antimonio** è un metallo che si trova a basse concentrazioni nel suolo (inferiori a 1 ppm), mentre in aria possono oscillare tra 1 e 170 ng/m^3 , anche se in prossimità di impianti di trasformazione dell'antimonio metallico si possono raggiungere concentrazioni intorno a 1.000 ng/m^3 .⁶³

La IARC ha stabilito che l'antimonio triossido è un possibile cancerogeno per l'uomo (Gruppo 2B), sulla base di studi sperimentali che hanno evidenziato un rischio di tumore del polmone in ratti esposti per via inalatoria.^{63,64-66} L'esposizione cronica all'antimonio trisolfuro è stata correlata all'aumento della pressione sanguigna, ad alterazioni del tracciato ecg, a ulcere e all'aumento degli aborti spontanei, mentre l'esposizione cronica all'antimonio triossido e pentossido può indurre bronchite cronica, enfisema, congiuntivite e dermatite.⁶⁷⁻⁶⁹

L'esposizione alla radioattività naturale della popolazione generale può essere influenzata dall'attività di coltivazione ed estrazione dei fluidi geotermici. Circa metà delle radiazioni naturali cui è esposto l'uomo è rappresentata da **radon**. La concentrazione di radon negli ambienti interni (indoor) è generalmente più alta rispetto a quella negli ambienti esterni (outdoor), soprattutto per gli edifici costruiti su suoli di origine vulcanica o fortemente permeabili, e che impiegano materiali da costruzione quali tufo, pozzolane, graniti.

La principale via di esposizione al radon è l'inalazione. Il radon è poco reattivo e non si deposita sulle pareti dell'apparato broncopolmonare ed è quindi facilmente eliminabile per via respiratoria. Al contrario, i prodotti di decadimento si depositano facilmente sulle pareti dei bronchi e dei polmoni e decadono emettendo radiazioni ionizzanti che possono danneggiare il DNA cellulare.

Gli effetti dell'esposizione al radon nell'uomo sono stati

Parametro	Valori di riferimento	Riferimento individuato
Acido solfidrico (H ₂ S)	150 µg/m ³ media di 24 ore	WHO Guidelines ed. 2000
	100 µg/m ³ >1-14 giorni, media del periodo	WHO-IPCS
	20 µg/m ³ fino a 90 giorni, media del periodo	WHO-IPCS
Arsenico (As)	6 ng/m ³ media annuale	E' il «valore guida» previsto dalla Direttiva 2004/107/CE e dal DLgs 152 del 3.08.2007 di recepimento della medesima
Mercurio (Hg)	0,2 µg/m ³ per inalazione cronica	MRLs (Minimal Risk Levels) – Livelli guida per la salute elaborati dall'Agencia governativa USA ATSDR al di sotto dei quali non si hanno evidenze di effetti non cancerogeni
	1 µg/m ³ media annuale	WHO Guidelines ed. 2000
Ammoniaca (NH ₃)	1,33 mg/m ³ per inalazione acuta (≤14 giorni) 0,07 mg/m ³ per esposizione cronica	MRLs (Minimal Risk Levels) – Livelli guida per la salute elaborati dall'Agencia governativa USA ATSDR al di sotto dei quali non si hanno evidenze di effetti non cancerogeni
Boro (B)	20 µg/m ³ media 24 h	Adottando un valore di confidenza pari a 100 rispetto al valore di 2 mg/m ³ riferito al TLV-TWA (Time Weighted Average) dell'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ed. 2006 (borati inorganici)
	0,3 mg/m ³ per inalazione acuta (≤14 giorni)	MRLs (Minimal Risk Levels) – Livelli guida per la salute elaborati dall'Agencia governativa USA ATSDR al di sotto dei quali non si hanno evidenze di effetti non cancerogeni
Antimonio (Sb)	5 µg/m ³ media 24 h	Adottando un valore di confidenza pari a 100 rispetto al valore di 0,5 mg/m ³ riferito al TLV-TWA (Time Weighted Average) dell'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ed. 2006 (antimonio)

Tabella 1.2. Linee guida per acido solfidrico, arsenico, vapori di mercurio, ammoniaca, boro e antimonio nell'aria.

Table 1.2. Guidelines for hydrogen sulfide, mercury vapors, ammonia, boron, and antimony in air.

storicamente evidenziati negli studi sui minatori di uranio, risultati a rischio di tumore polmonare. Il radon è stato, infatti, classificato dalla IARC tra i cancerogeni di Gruppo 1, per i quali vi è la «massima evidenza di cancerogenicità». ⁷⁰ Studi epidemiologici successivi condotti su popolazioni esposte al radon presente nelle abitazioni hanno

mostrato un aumento del rischio di tumore polmonare proporzionale alla concentrazione di radon e alla durata dell'esposizione, con rischio ancora maggiore nel sottogruppo dei fumatori. ⁷¹⁻⁷⁶

La **tabella 1.2** riporta i valori limite o le linee guida delle principali sostanze inquinanti presenti nei fluidi geotermici.

Capitolo 2

Contesto territoriale in studio

Characteristics of the area under study

L'interesse del presente studio è incentrato sulle aree geotermiche toscane, estese tra le provincie di Pisa, Siena e Grosseto, nei cui territori la risorsa geotermica è sfruttata da lungo tempo a scopi energetici, in massima parte per la produzione di energia elettrica e, in alcuni casi, anche per usi plurimi, come il teleriscaldamento di abitazioni o di attività produttive.

L'attività di produzione di energia mediante coltivazione dei fluidi geotermici si colloca nella Toscana centro-meridionale, in corrispondenza delle colline metallifere e del massiccio dell'Amiata, dove si individuano due aree principali (figura 2.1, pag. 17):

- area del monte Amiata (denominata anche «area geotermica Sud»), situata nella parte meridionale della Toscana e costituita da 8 comuni (Abbadia San Salvatore, Arcidosso, Castel del Piano, Piancastagnaio, Radicofani, Roccalbegna, San Casciano dei Bagni, Santa Fiora);

- area tradizionale (denominata anche «area geotermica Nord»), situata nella parte occidentale della Toscana centrale e costituita da 8 comuni (Castelnuovo Val di Cecina, Chiusdino, Montecatini Val di Cecina, Monteverdi Marittimo, Monterotondo Marittimo, Montieri, Pomarance, Radicondoli). In questa zona si possono distinguere tre subaree o località: «Larderello», «Val di Cornia» (detta anche di «Lago») e «Radicondoli-Travale».

Il criterio di inclusione dei comuni in studio fa riferimento alle concessioni di sfruttamento della risorsa geotermica (Accordo attuativo del Protocollo d'intesa del 20.12.2007 e DLgs 22/2010). I 16 comuni inclusi nello studio epidemiologico sono caratterizzati, seppure in maniera diversificata, da emissioni di inquinanti tipici di bacini geotermici, sia per fenomeni naturali sia per attività antropiche.

L'area del monte Amiata è ricca di sorgenti termali utilizzate per scopi curativi e ricreativi, tra cui le terme di Chianciano, di San Casciano dei Bagni, di Bagni San Filippo, di Bagno Vignoni, di Saturnia e di Bagnore. Le sorgenti termali solfuree sono accompagnate dall'emissione in atmosfera di acido solfidrico (H_2S) e, nel caso di acque calde, anche di vapori di mercurio.⁷⁷ Già dalla fine del 1800 quest'area è stata sede di una fiorente attività estrattiva e metallurgica del cinabro (solfuro di mercurio, HgS), destinata alla produzione del mercurio metallico. In questo territorio si trovano ancora molti impianti dismessi, a testimonianza della pregressa attività, il cui declino è iniziato negli anni 1960-1970. Diversamente dall'area amiatina, nell'area tradizionale gli impianti termali ricreativi sono poco presenti. Tuttavia, in queste località si trovano numerose manifestazioni naturali di gas endogeno ricco di anidride carbonica e acido solfidrico, come «lagone», ancora attivo in località Monterotondo Marittimo e numerose «putizze», ossia fuoriuscite naturali di vapore endogeno, ubicate tra Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo, che caratterizzano il territorio rendendolo attrattivo a fini turistici. E' proprio in queste località che nel 1800 venne avviato lo sfruttamento commerciale dei lagoni boraciferi per la produzione dell'acido borico, il cui declino cominciò a partire dal 1870. Con il passare del tempo, su queste aree è andato sempre più affermandosi l'uso dei fluidi geotermici per la produzione di energia.

Impianti ed emissioni

Lo sfruttamento dell'energia geotermica per la produzione di energia elettrica ha preso avvio nell'area tradizionale già nel primo decennio del XX secolo e si è consolidato negli anni successivi,

in particolare nel periodo 1950-1990, mentre nell'area amiatina risale alla metà degli anni Sessanta e ha subito un consistente sviluppo nel decennio 1990-2000.

Complessivamente, al momento dell'inizio dello studio in Toscana erano funzionanti 31 centrali geotermoelettriche (figura 2.1), con 32 gruppi produttivi, territorialmente così distribuite:

- 9 nella provincia di Siena (5 nel comune di Radicondoli, 4 nel comune di Piancastagnaio);
- 8 nella provincia di Grosseto (1 nel comune di Santa Fiora, 2 nel comune di Montieri e 5 nel comune di Monterotondo Marittimo);
- 14 nella provincia di Pisa (6 nel comune di Pomarance, 6 nel comune di Castelnuovo di Val di Cecina e 2 nel comune di Monte Verdi Marittimo).

La potenza nominale complessiva installata degli impianti geotermoelettrici è di 810,5 MW, territorialmente così distribuiti (tabella 2.1, pag. 18):

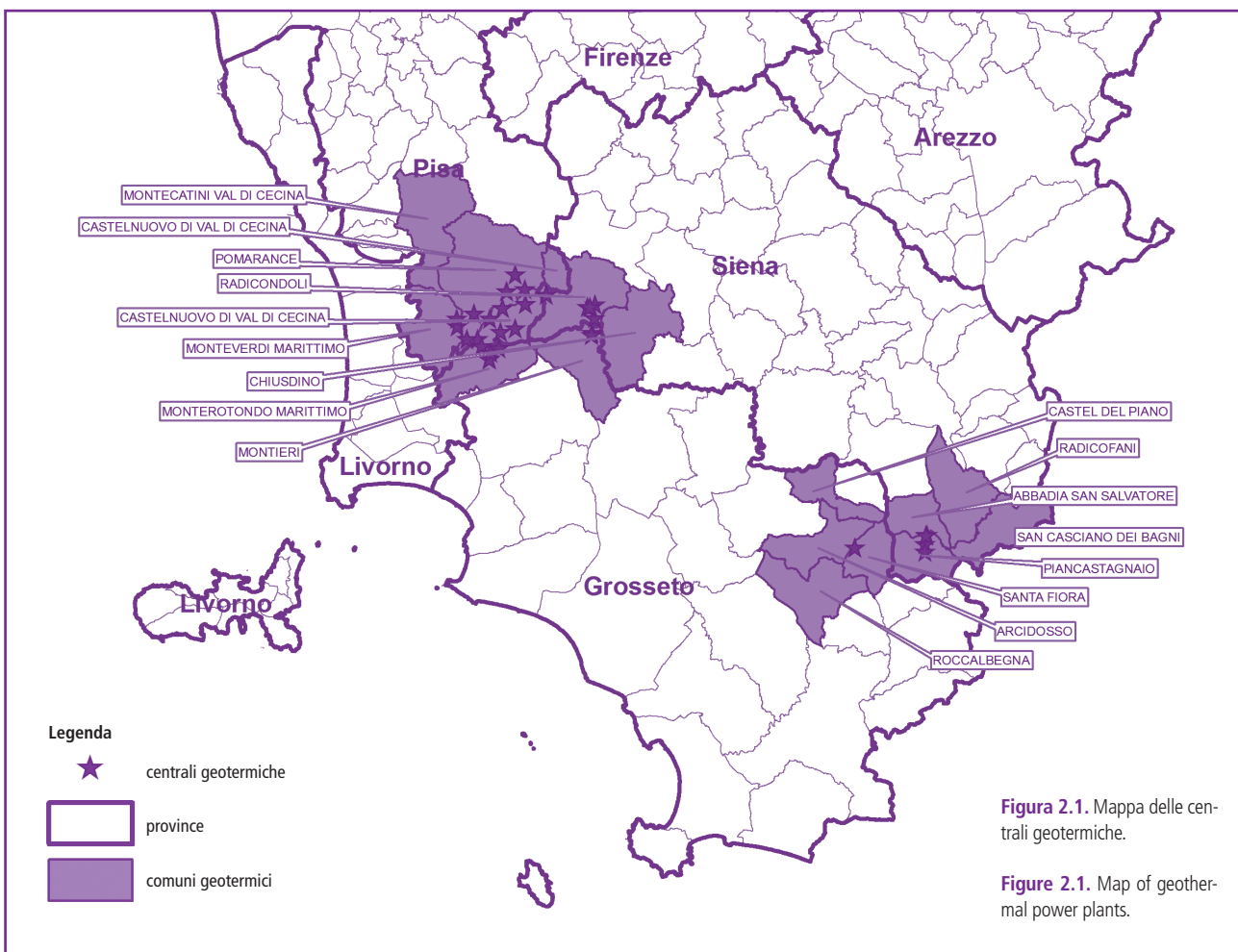
- Larderello: 8 gruppi; 274,5 MW;
- Val di Cornia: 13 gruppi; 288 MW;
- Radicondoli-Travale: 6 gruppi; 160 MW;
- monte Amiata: 5 gruppi; 88 MW.

Nella tabella 2.2 (pag. 18) sono riportate le emissioni delle principali sostanze in rapporto con l'energia prodotta dalle

centrali geotermoelettriche della Toscana, con un confronto fra l'anno 2000 e l'anno 2007. Si confermano quantitativamente rilevanti le emissioni di anidride carbonica, anche se inferiori a quelle delle centrali che utilizzano combustibili fossili, i cui tenori di emissione variano in funzione del combustibile utilizzato,⁷⁸ e, tra le altre sostanze, quelle di acido solfidrico e di ammoniaca. Consistente è l'emissione di mercurio allo stato gassoso. Molto basse, invece, sono le quantità di arsenico rilasciate, tanto che il flusso di massa riscontrato in tutte le centrali controllate è risultato sempre inferiore alla soglia di rilevanza stabilita dalla normativa vigente.⁷⁹ Significativa anche l'emissione di sali di acido boric (dati non mostrati in tabella).

L'insieme dei dati della tabella 2.2 indica che:

- per tutti gli inquinanti le quantità totali emesse sono sempre maggiori nell'area tradizionale (Nord), anche se su un territorio più ampio rispetto all'area amiatina (Sud);
- dal 2000 al 2007, a fronte di un incremento della potenza generata, si assiste a una forte riduzione delle emissioni di acido solfidrico e di mercurio, attribuibile all'installazione degli impianti di abbattimento mercurio e idrogeno solforato (AMIS). La riduzione è maggiore nell'area Sud, proprio dove gli AMIS sono stati installati in quasi tutte le centrali, rispetto a quella Nord, dove non tutte le centrali ne sono dotate.



Area territoriale geotermica		Centrale	Potenza nominale (MW)	Comune (Prov.)	Data di avviamento
Tradizionale (Nord)	Subarea				
	Larderello	Farinello*	60	Pomarance (PI)	28.06.1995
		Nuova Castelnuovo*	14,5	Castelnuovo V.C. (PI)	4.07.2000
		Vallesecolo*	60 (gruppo 1)	Pomarance (PI)	16.07.1991
			60 (gruppo 2)		23.04.1992
		Nuova Gabbro*	20	Pomarance (PI)	3.10.2002
		Nuova Molinetto*	20	Castelnuovo V.C. (PI)	21.10.2002
		Nuova Larderello*	20	Pomarance (PI)	28.10.2005
	Sesta 1*	20	Radicondoli (SI)	19.04.2002	
	Val di Cornia (o Lago)	Lagoni Rossi 3	8	Pomarance (PI)	22.12.1981
		Cornia 2	20	Castelnuovo V.C. (PI)	16.02.1994
		Nuova San Martino*	40	Monterotondo M.mo (GR)	18.11.2005
		Nuova Lago*	10	Monterotondo M.mo (GR)	29.05.2002
		Nuova Monterotondo*	10	Monterotondo M.mo (GR)	27.08.2002
		Carboli 1	20	Monterotondo M.mo (GR)	13.05.1998
		Carboli 2	20	Monterotondo M.mo (GR)	18.12.1997
		Nuova Sasso	20	Castelnuovo V.C. (PI)	6.03.1996
		Nuova Serrazzano*	60	Pomarance (PI)	5.02.2002
		Le Prata	20	Castelnuovo V.C. (PI)	20.06.1996
		Monteverdi 1	20	Monteverdi M.mo (PI)	8.07.1997
		Monteverdi 2	20	Monteverdi M.mo (PI)	27.06.1997
		Selva 1	20	Castelnuovo V.C. (PI)	15.09.1999
	Radicondoli Travale	Travale 3*	20	Montieri (GR)	14.03.2000
		Travale 4*	40	Montieri (GR)	9.08.2002
		Pianacce*	20	Radicondoli (SI)	5.08.1987
		Rancia 1	20	Radicondoli (SI)	17.12.1986
		Rancia 2	20	Radicondoli (SI)	6.12.1988
		Nuova Radicondoli*	40	Radicondoli (SI)	5.07.2002
Amiata (Sud)	Amiata	Bagnore 3*	20	Santa Fiora (GR)	17.12.1998
		Piancastagnaio 2	8	Piancastagnaio (SI)	1.02.1969
		Piancastagnaio 3*	20	Piancastagnaio (SI)	4.05.1990
		Piancastagnaio 4*	20	Piancastagnaio (SI)	28.11.1991
		Piancastagnaio 5*	20	Piancastagnaio (SI)	2.02.1996

* impianti dotati del dispositivo per l'abbattimento dell'idrogeno solforato e del mercurio (AMIS). / Power plants with device for removing hydrogen sulfide and mercury (AMIS).

Tabella 2.1. Denominazione delle centrali, potenza nominale, comune sede di impianto e data di avviamento (ARPAT, 2009).

Table 2.1. Power plant's name, power rate, power plant municipality and date of start-up (ARPAT, 2009).

Indicatori	Periodi di riferimento	Aree geotermiche							Totale da produzione geotermica	
		Amiata (Sud)			Tradizionale (Nord)					
		sottoarea		Totale di area	sottoarea			Totale di area		
Piancastagnaio (SI)	S. Fiora (GR)	Val di Cornia	Radicondoli Travale		Larderello					
Produzione (GWh)	anno 2000	555	158	713	1.477	713	1.495	3.684	4.397	
	anno 2007	405	161	566	1.835	1.142	1.698	4.675	5.241	
Emissioni	H ₂ S (t/a)	anno 2000	7.504	764	8.268	7.882	4.468	5.620	17.971	26.239
		anno 2007	2.401	91	2.492	7.491	2.934	3.265	13.689	16.181
	Hg (kg/a)	anno 2000	1.968,9	114,1	2.083	336	175	482	993	3.076
		anno 2007	739,3	20,7	760	269	212	253	733	1.494
	As (kg/a)	anno 2000	86,5	3,5	90	80	24	23	127	216
		anno 2007	74	10	84	206	64	128	398	482
CO ₂ (t/a)	anno 2000	578.854	82.163	661.017	315.127	295.866	589.059	1.200.052	1.861.069	
	anno 2007	415.390	67.008	482.398	392.559	464.093	613.592	1.470.244	1.952.642	
NH ₃ (t/a)	anno 2007	1.678,3	1.453,7	3.132	1.411	731	1.141	3.283	6.415	

Tabella 2.2. Emissioni di alcune sostanze dagli impianti geotermoelettrici negli anni 2000 e 2007 (Fonte: Regione Toscana, DGR 22.03.10, n. 344 «Criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche»).

Table 2.2. Emissions of some substances from geothermal power plants in 2000 and in 2007 (Ref. Tuscany Region; Dgr. 22th of March 2010, n. 344).

La qualità dell'aria

Relativamente alla qualità dell'aria, le periodiche campagne di misura condotte da ARPAT si sono svolte, a partire dal 1997, sull'intero territorio interessato dalla presenza degli impianti geotermoelettrici, con maggiore attenzione al mercurio allo stato di vapore e all'acido solfidrico, ritenuti gli inquinanti più rappresentativi delle pressioni esercitate dalle attività geotermiche antropiche e/o naturali che caratterizzano il territorio.⁷⁷ ARPAT ha rivolto un'attenzione particolare ai problemi legati all'impatto ambientale delle centrali geotermoelettriche sul territorio, privilegiando studi e indagini sull'area Sud, dove le caratteristiche dei fluidi geotermici sono peggiori, per un maggiore contenuto percentuale di gas incondensabili, rispetto alle altre zone tradizionali (Larderello).⁴

Il monitoraggio di ARPAT si è svolto con l'impiego di una stazione fissa nel comune di Pomarance (località Montecerboli), dotata di analizzatore di acido solfidrico, e con due unità mobili, di cui una attrezzata per la misura dell'acido solfidrico e l'altra anche per la misura dei vapori di mercurio e dei parametri meteorologici (tabella 2.3). La stazione fissa di Pomarance (Montecerboli) è munita anche di strumentazione per la rilevazione in continuo di PM10 e NO₂. Su una postazione nel comune di Piancastagnaio (SI) è stata effettuata nel 2007-2008 una misura indicativa delle concentrazioni in aria di PM10, SO₂, NO₂ e CO, durata complessivamente 69 giorni, con ripartizione stagionale. Nel dettaglio, le postazioni oggetto di monitoraggio dell'aria nelle aree geotermiche si riferiscono ai seguenti comuni: Piancastagnaio (SI), Abbadia San Salvatore (SI), Radicofani (SI), Santa Fiora (GR) e Arcidosso (GR) nell'area geotermica Sud; Pomarance (PI), Castelnuovo di Val di Cecina (PI), Monterotondo Marittimo (GR) nell'area Nord «Larderello-Val di Cornia»; Montieri (GR),

Chiusdino (SI), Radicondoli (SI) nell'area Nord «Radicondoli-Travale».

I risultati degli studi e delle campagne di monitoraggio di ARPAT durante il periodo 1997-2008 sono riportati nella figura 2.2, che mostra i valori medi delle concentrazioni in aria dell'acido solfidrico e dei vapori di mercurio riscontrati nelle aree geotermiche.⁷⁷

Per l'Amiata sono riportati i valori medi dei due inquinanti distinti per la provincia di Grosseto e per la provincia di Siena. Il valore medio di **acido solfidrico** più elevato è stato riscontrato nell'area geotermica tradizionale in prossimità di Larderello (19,1 µg/m³); si riscontrano valori poco inferiori nell'area geotermica dell'Amiata senese (16,5 µg/m³), ma molto inferiori quella grossetana (2,8 µg/m³). Intermedio il livello in località Radicondoli-Travale (6,0 µg/m³) nell'area geotermica tradizionale. All'interno dell'area amiatina, le concentrazioni di acido solfidrico variano tra i 2 µg/m³ di Santa Fiora (GR) e i 20 µg/m³ di Piancastagnaio (SI), mentre nell'area tradizionale i valori sono compresi tra i 3 µg/m³ di Radicondoli (SI) e i 21 µg/m³ di Pomarance (PI). In entrambe le aree geotermiche condizioni meteorologiche sfavorevoli possono determinare le condizioni per occasionali superamenti del valore guida di tutela sanitaria OMS per l'acido solfidrico.⁷⁷

I valori più elevati di **mercurio** si registrano nell'area geotermica dell'Amiata, in particolare nel versante senese (8,5 ng/m³), rispetto a quello grossetano (1,6 ng/m³). Decisamente più contenuti i livelli aerei di mercurio nell'area geotermica tradizionale (località Radicondoli-Travale: 0,3 ng/m³; Larderello-Lago: 0,6 ng/m³). Molto variabili sono i valori delle concentrazioni di mercurio nell'area dell'Amiata, compresi tra 1 e 16 ng/m³.⁷⁷ In ogni caso, i livelli di concentrazione del mercurio allo stato di vapore rilevati nelle aree geotermiche si mantengono considerevolmente

Sistemi di monitoraggio	1 cabina fissa Provincia di Pisa (comune di Pomarance, frazione Montecerboli) 1 laboratorio mobile ARPAT Siena 1 laboratorio mobile ARPAT Grosseto
Postazioni di misura	33
Giorni validi di monitoraggio	5.632
Ore valide di monitoraggio	H ₂ S = 125.572 Hg = 38.129

Tabella 2.3. Riepilogo dell'attività di monitoraggio della qualità dell'aria: giugno 1997-dicembre 2008.

Table 2.3. Summary of air quality monitoring activity: June 1997-December 2008.

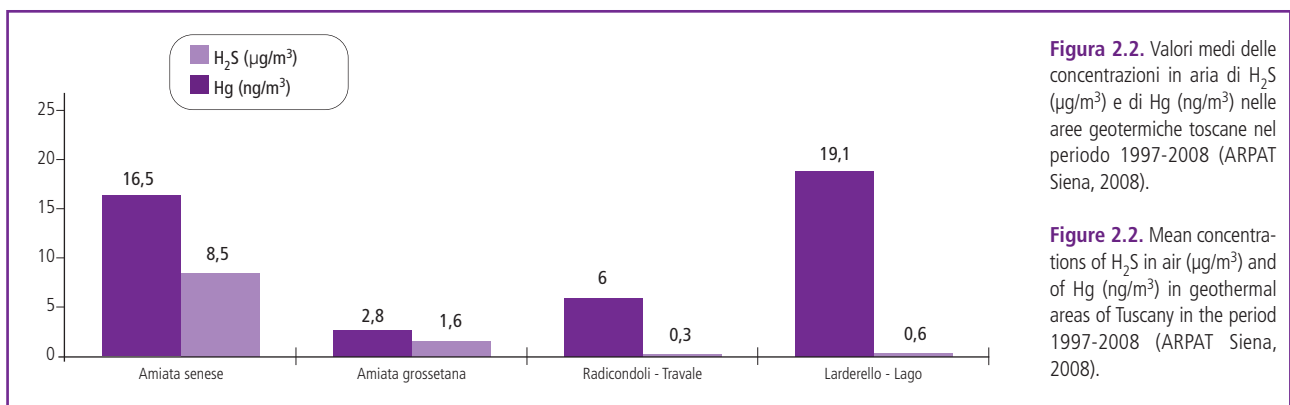


Figura 2.2. Valori medi delle concentrazioni in aria di H₂S (µg/m³) e di Hg (ng/m³) nelle aree geotermiche toscane nel periodo 1997-2008 (ARPAT Siena, 2008).

Figure 2.2. Mean concentrations of H₂S in air (µg/m³) and of Hg (ng/m³) in geothermal areas of Tuscany in the period 1997-2008 (ARPAT Siena, 2008).

al di sotto della soglia di tutela sanitaria stabilita dall'OMS (1.000 ng/m³, come media annuale).

Nel corso dei 12 anni di monitoraggio sono stati riscontrati 7 superamenti per l'H₂S del valore guida per la tutela sanitaria dell'OMS (150 µg/m³ come media delle 24 ore). In particolare, 5 superamenti sono avvenuti nell'area «Larderello-Val di Cornia», dove potrebbero avere contribuito anche le emissioni di una cabina per il teleriscaldamento ubicata nelle vicinanze della postazione di Montecerboli (comune di Pomarance); nel 2006 la centralina è stata spostata e nell'attuale posizione le concentrazioni rilevate non hanno mai superato il valore guida OMS. Nell'area amiatina i superamenti sono stati due, entrambi nel comune di Piancastagnaio. Di questi, uno è occorso nel 2004 presso la postazione «vecchio mattatoio» in prossimità della centrale PC2, attualmente dismessa, e l'altro nel 2008 presso la postazione «scuole elementari», probabilmente anche per le condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti.

L'analisi temporale della concentrazione di acido solfidrico mostra che nell'area dell'Amiata (Sud) la qualità dell'aria nel 2008 è peggiorata rispetto al biennio precedente nella quasi totalità delle postazioni di rilevamento. Concorrono a questo trend negativo le attività geotermoelettriche, le sorgenti naturali (fumarole), le emissioni da vie di fuga realizzate nelle miniere per motivi di sicurezza e, in alcuni casi, le attività termali.⁸⁰ Al contrario, nella postazione di Pomarance (Montecerboli) dell'area tradizionale (Nord), nel 2008 si è registrato un miglioramento rispetto agli anni precedenti e una diminuzione del disagio olfattivo.

L'**inquinamento olfattivo** causato dall'acido solfidrico è riscontrabile, seppure con intensità variabile, in tutte le postazioni, comprese quelle dove nelle vicinanze non sono attualmente presenti impianti geotermoelettrici. In alcune postazioni di monitoraggio e sedi di impianti, la frequenza, la persistenza e l'intensità della maleodoranza, soprattutto quando supera il 50% del tempo monitorato, sono tali da comportare condizioni scadenti della qualità dell'aria con compromissione del benessere psicofisico. La **figura 2.3** riporta, per ciascuna area, la percentuale del periodo di monitoraggio (1997-2008) in cui la concentrazione di acido solfidrico ha superato il valore della soglia olfattiva (7 µg/m³).

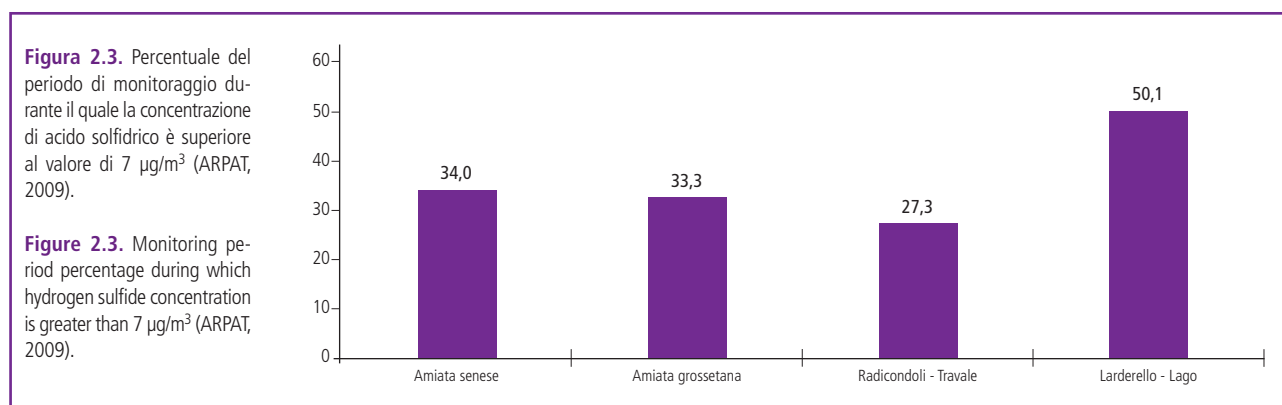
Complessivamente, l'inquinamento olfattivo si conferma come la principale criticità nella quasi totalità dei siti monitorati.

Le analisi sugli inquinanti atmosferici comuni (PM10, SO₂, NO₂ e CO) misurati correntemente nella stazione fissa di Montecerboli (Pomarance) e occasionalmente nella postazione di Piancastagnaio, evidenziano concentrazioni sempre molto inferiori ai valori di riferimento stabiliti dalla normativa. In entrambe le postazioni le concentrazioni di questi inquinanti sono paragonabili ai valori del fondo regionale.

In sintesi, l'attività di controllo della qualità dell'aria svolta da ARPAT mostra che:

- in tutte le postazioni monitorate le concentrazioni dell'acido solfidrico e dei vapori di mercurio sono risultate inferiori, e per alcune postazioni anche in misura significativa, ai rispettivi valori di riferimento indicati dall'OMS per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine negli ambienti di vita;

- l'attività di coltivazione dei fluidi geotermici costituisce una generatrice d'impatto in grado d'indurre modificazioni dello stato di qualità dell'aria: nell'area tradizionale di Larderello tali modificazioni riguardano esclusivamente l'acido solfidrico, perché i fluidi geotermici appartenenti a tale campo sono caratterizzati da bassi contenuti di mercurio; diversamente, per l'area dell'Amiata l'attività di coltivazione dei fluidi geotermici comporta emissioni sia di acido solfidrico sia di mercurio. In entrambe le aree di studio ulteriori sorgenti, in parte naturali in parte antropiche, concorrono a modificare lo stato di qualità dell'aria relativamente ai due inquinanti. Nell'area tradizionale di Larderello il contributo è riconducibile quasi esclusivamente alle sorgenti naturali (emergenze spontanee di gas) che, anche in questo caso, influenzano essenzialmente il carico dell'acido solfidrico. Nell'area amiatina sono invece presenti sorgenti sia naturali (emergenze spontanee di gas e d'acque termali calde), sia antropiche, alle quali sono associabili, ovviamente con apporti diversificati, rilasci sia di acido solfidrico sia di mercurio. Per quest'ultimo, gli impianti della passata attività minerometallurgica del cinabro, in particolari condizioni climatiche (forte irraggiamento e alte temperature del suolo), possono contribuire a un inquinamento significativo, anche se



localizzato, da mercurio nei bassi strati dell'atmosfera; ■ ai livelli di concentrazione atmosferica di acido solfidrico nelle due aree è associabile un fenomeno d'inquinamento olfattivo: i risultati delle misure, recenti e passate, dimostrano che l'inquinamento olfattivo, tenuto anche conto del basso valore della soglia olfattiva di tale inquinante, è un fenomeno che assume particolare rilievo negli aspetti legati alla qualità della vita (disturbi sensoriali). A tale fenomeno concorrono sia le sorgenti naturali, sia l'attività di coltivazione dei fluidi geotermici. In particolare, l'area tradizionale di Larderello è caratterizzata da periodi di durata del fenomeno più lunghi rispetto a quelli dell'area amiatina dove, per contro, si registrano i più alti valori di concentrazione oraria di acido solfidrico.⁷⁷

Relativamente allo studio delle concentrazioni di **radon** in aria, negli anni Novanta la Regione Toscana ha partecipato alla «Indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni», promuovendo alcune rilevazioni della concentrazione di radon e della radiazione gamma nelle abitazioni, nelle aree geotermiche e nelle scuole materne e negli asili nido del territorio regionale.

La **tabella 2.4** riporta i risultati relativi alla concentrazione di radon misurate nelle aree Nord e Sud in riferimento al contesto nazionale nel periodo 1992-1994.⁸¹ Emerge come la differenza nei livelli di concentrazione di radon fra le due aree geotermiche sia rilevante, con valori nell'area Sud decisamente più alti rispetto all'area Nord. I valori della media geometrica e aritmetica mostrano livelli di radioattività da 3 a 4 volte maggiori nell'area dell'Amiata rispetto all'area tradizionale. Inoltre, nell'area Sud nel 38% delle abitazioni il radon è superiore a 200 Bq/m³ e nell'11% supera i 400 Bq/m³. L'area amiatina è infatti caratterizzata da formazioni geologiche a elevato contenuto di radionuclidi naturali. Inoltre, in tale area è molto diffuso l'utilizzo di materiali da costruzione di origine locale che contribuiscono a determinare livelli caratteristici, presenti anche nell'alto Lazio e nella Campania.

Successivamente all'indagine del 1992-1994, la Regione Toscana ha promosso e finanziato nel 2005-2006 un'indagine conoscitiva sulla distribuzione territoriale della concentrazione del gas radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro, affidandone la realizzazione ad ARPAT. I risultati della nuova indagine confermano quanto emerso nelle campagne precedenti, ossia valori medi di radon più alti nell'area dell'Amiata, rispetto all'area tradizionale e alla media regionale.

La qualità dell'acqua

Relativamente alla matrice acqua, l'approvvigionamento idropotabile del territorio dell'Amiata si basa su due acquiferi, di cui il più importante è quello del monte Amiata; l'altro, di dimensioni più modeste, origina dalle vulcaniti di Radicofani.

Secondo i dati ARPAT la qualità dell'acqua delle sorgenti e dei pozzi di questi acquiferi è eccellente. Si tratta di acqua di tipo bicarbonato alcalino-terrosa, con valori di durezza molto bassi, con assenza di anomalie rispetto ai parametri mercurio, antimonio, ammoniaca e boro. Fa eccezione l'arsenico, che in alcune sorgenti del monte Amiata nel corso degli ultimi anni ha raggiunto talvolta livelli prossimi o superiori a 10 µg/l. Allo stato attuale delle conoscenze la causa della presenza di arsenico nelle acque di falda dell'area amiatina può essere attribuita a fenomeni naturali, come la dissoluzione dell'arsenico contenuto negli ossidi presenti nella roccia vulcanica, e alle trascorse attività minerarie.⁸⁰ Inoltre, secondo uno studio dell'Università di Siena la storia metallogenica del monte Amiata, i dati geochemici, mineralogici e giacimentologici concernenti l'arsenico giustificano ampiamente le concentrazioni di questo elemento nelle acque di falda.⁸²

Il problema dei livelli di arsenico nell'acqua per uso potabile non è trascurabile neppure per l'area geotermica Nord. Gli acquedotti di questa area, come quello di Poretta (Pomarance, PI), si approvvigionano, però, con acque solo in parte provenienti da acquiferi ubicati in aree geotermiche (per Poretta i pozzi sono ubicati nelle alluvioni del fiume Cecina), con conseguente effetto di diluizione di alcuni inquinanti, tra cui l'arsenico.

Nell'area geotermica Nord si registrano anche concentrazioni elevate per il boro, presente in concentrazioni prossime, e in alcuni casi superiori, a quelle del limite legislativo di 1 mg/l. Attualmente l'origine del boro nelle acque dell'area Nord sembra essere naturale, dovuta a una lisciviazione di quest'ultimo dalle formazioni circostanti e ad apporti di acque idrotermali.⁸³⁻⁸⁷ Per quanto riguarda il mercurio nelle acque destinate a uso potabile, invece, le concentrazioni sono sempre inferiori al limite di rilevanza strumentale di 0,1 µg/l.

Gli elevati livelli di arsenico nel corso degli anni hanno indotto alcuni comuni a far ricorso, con una certa sistematicità, alla richiesta di deroga ai limiti normativi. Dei 26 comuni toscani coinvolti nella richiesta delle deroghe dal

Indagine	N. abitazioni	MA Bq/m ³	DS Bq/m ³	MG Bq/m ³	DSG	min	max	% >200 Bq/m ³	% >400 Bq/m ³
Nazionale	308	48	39	41	1,7	15	349	1,3%	0%
Area Sud	79	202	187	144	2,3	27	1.240	38%	11%
Area Nord	53	70	95	47	2,2	15	553	5,7%	1,9%

MA = media aritmetica; DS = deviazione standard; MG = media geometrica; DSG = deviazione standard della media geometrica.
MA = arithmetic mean; DS = standard deviation; MG = geometric mean; DSG = geometric mean standard deviation.

Tabella 2.4. Risultati delle misure di concentrazione di radon in Toscana.

Table 2.4. Results of radon concentration measurements in Tuscany.

2006 a oggi, 9 appartengono alle aree geotermiche in studio e sono Castelnuovo Val di Cecina, Pomarance, Radicondoli, Monterotondo Marittimo e Montieri nell'area Nord, e Abbadia San Salvatore, Arcidosso, Castel del Piano e Piancastagnaio nell'area Sud.

Nel corso del 2010, anche grazie ai nuovi sistemi di abbattimento o tecniche di diluizione introdotti dagli enti gestori,

i livelli medi di arsenico nei comuni in studio si sono posizionati al di sotto del livello di riferimento OMS di 10 µg/l e per tre comuni (Castelnuovo Val di Cecina, Pomarance, Radicondoli) al di sotto del parametro più permissivo di 20 µg/L stabilito dal decreto del Ministero della salute dell'11 maggio 2011 (G.U. n. 151 dell'1.07.2011) con scadenza al 31 dicembre 2012.

Capitolo 3

Razionale dello studio e obiettivi

Rational and objectives of the study

Il disegno del presente studio è di tipo ecologico, quindi non adatto a produrre evidenze che permettano di esprimere un giudizio di nesso tra causa ed effetto.

Il ruolo dello studio geografico o ecologico in epidemiologia e i suoi possibili usi in sanità pubblica è stato affrontato in diversi articoli scientifici.⁸⁸⁻⁹⁰

I maggiori limiti degli studi ecologici derivano dall'assunzione che la residenza anagrafica a livello comunale rappresenti una valida misura di esposizione a fattori sia ambientali sia socioeconomici e dall'utilizzo di dati aggregati degli esiti sanitari che possono portare a risultati affetti da *fallacia ecologica*.⁹¹⁻⁹³

Nonostante i maggiori limiti brevemente tratteggiati, è riconosciuto che gli studi ecologici presentano uno standard scientifico soddisfacente, pur richiedendo un'attenta lettura integrata dei loro risultati nel tempo e nello spazio e specifica per ogni patologia.^{94,95}

I risultati ottenuti con questa tipologia di studi possono integrarsi con studi che misurano la forza dell'associazione tra lo stato ambientale e sanitario utilizzando dati a livello individuale, in grado di fornire una precisa definizione spazio-temporale del fenomeno.⁹⁶⁻⁹⁸

Se è vero che l'epidemiologia eziologica è adatta a produrre evidenze che contribuiscano alla comprensione delle cause delle malattie con l'obiettivo di prevenirle, non è da sottovalutare il contributo che può fornire il risultato di ogni singola ricerca, espresso come misure di associazione tra definizioni operative di esposizione e di malattia.⁹⁹

Il percorso che parte da uno studio descrittivo su base geografica comunale, e che procede con uno studio su base microgeografica per arrivare a indicazioni mirate, è riconosciuto concordemente come corretto e utile.^{97,100-103} In questo contesto, il presente studio è adeguato a identificare elementi anomali e a generare ipotesi da vagliare successivamente con l'utilizzo di indagini epidemiologiche di tipo analitico, basate su misure accurate di esposizione individuale e sulla considerazione dei periodi di induzione-latenza specifici per le patologie da approfondire.

I dati correnti degli eventi sanitari (utilizzati a livello aggregato), su cui si basano le analisi degli andamenti geografici e temporali nella popolazione generale, hanno il vantaggio di essere facilmente reperibili, di avere una buona accuratezza, solitamente validata, e di fornire risultati che sono correlabili a fattori ambientali, occupazionali o sociali. Sono numerosi gli studi di epidemiologia ambientale condotti in Italia che hanno fornito indicazioni sulla salute di popolazioni residenti in aree definite a rischio ambientale basandosi su analisi di mortalità in periodi pluriennali.^{88,104-109} La mortalità è un buon indicatore dello stato di salute di una popolazione, soprattutto nel caso di patologie con elevata letalità, come alcune patologie tumorali (tumore del polmone, pancreas, fegato). Per patologie come il tumore della mammella e dell'utero, per le quali sono attivi da anni in diverse Regioni, tra le quali la Toscana, programmi di screening sulla popolazione generale, un eccesso di mortalità indica in prima istanza una carenza di efficacia dello screening. In questo caso l'analisi dei ricoveri ospedalieri può fornire una stima di incidenza della malattia che, se opportunamente individuata, può evitare il decesso o posticiparne l'esito. In altre situazioni, esemplificabili dal tumore del pancreas, il rapido incremento nel tempo seguito da stabilizzazione della mortalità e dei ricoveri può, in via prioritaria, essere attribuito a un miglioramento delle procedure diagnostiche.

L'ospedalizzazione è un indicatore indiretto di morbosità e l'analisi delle schede di dimissione ospedaliera (SDO) è in grado di completare l'informazione sullo stato di salute e di fornire indicazioni su criticità sanitarie. I risultati dell'analisi dell'ospedalizzazione, se valutati congiuntamente con quelli della mortalità, possono fornire indicazioni sulla diversa frequenza di ricovero tra aree geografiche e comuni di residenza.

Nei già citati studi sulle aree a rischio ambientale della Sicilia e della Sardegna sono stati confrontati i risultati dell'analisi della mortalità e delle SDO e la concordanza dei risultati è stata considerata un elemento di persuasività scientifica complessiva.¹⁰⁵⁻¹⁰⁹ Anche in studi di tipo analitico, che utilizzino i medesimi criteri di categorizzazione dell'esposizione, incrementi sia della mortalità sia dei ricoveri per la stessa causa o gruppo di cause è da considerare come elemento rafforzativo della persuasività scientifica. Si richiamano come esempio i risultati dello studio sulla coorte dei residenti in prossimità dell'elettrodotto di Longarina (Ostia Antica), nel quale è stato osservato un incremento sia della mortalità¹¹⁰ sia di ricoveri per tumori,¹¹¹ in particolare fra i soggetti con oltre 30 anni di residenza e di latenza, e fra coloro le cui abitazioni erano più vicine alla linea elettrica.

Negli studi di piccola area su ambiente e salute nei quali lo stato socioeconomico è considerato un potenziale fattore di confondimento, nei passati due decenni sono stati impiegati sempre più frequentemente degli indicatori di deprivazione.^{112,113} In considerazione della possibile influenza dello stato socioeconomico su molte delle cause di mortalità e ospedalizzazione considerate, le analisi del presente studio sono state aggiustate per un indicatore di deprivazione materiale.

L'analisi dell'incidenza delle malformazioni congenite e degli esiti sfavorevoli della riproduzione considerati (basso peso alla nascita, durata della gestazione, rapporto tra generi), costituiscono un'integrazione del quadro conoscitivo sullo stato di salute della popolazione generale, per quanto attiene gli effetti a breve termine, eventualmente correlabili a inquinanti potenzialmente teratogeni e/o mutageni. A causa della difficoltà di reperimento di dati attendibili su tali esiti, le esperienze di analisi a livello di popolazioni generali non sono frequenti. In Toscana dal 1992 è attivo un registro regionale delle malformazioni congenite rilevate alla nascita e all'interruzione della gravidanza in accordo con il protocollo della rete europea di sorveglianza delle malformazio-

ni congenite EUROCAT, che costituisce un flusso di dati di cui è validata la qualità e la copertura geografica. La proporzione di nati con basso peso alla nascita, la nascita pretermine e il rapporto tra generi sono utili indicatori di salute legati a fattori socioeconomici, stili di vita, fattori occupazionali e ambientali e perciò sono ampiamente utilizzati in aree con criticità ambientali.¹¹⁴ Le informazioni sul peso alla nascita sono riportate sul certificato di assistenza al parto (CedAP) che da oltre un decennio fa parte dei flussi informativi sanitari a livello nazionale.

In generale è da sottolineare che lo studio del ruolo di esposizioni ambientali, occupazionali e dei determinanti socioeconomici che maggiormente contribuiscono al profilo di salute dei residenti in aree circoscritte costituisce il fulcro dello sviluppo dell'epidemiologia moderna che «progredirà solo se sarà in grado di comprendere come l'assetto storico, economico e politico in cui vivono le popolazioni, influenza il loro stato di salute».⁹⁶

In accordo con quanto sopra, lo studio si basa su una descrizione e una valutazione dello stato di salute della popolazione residente basata su analisi riportate al lettore in termini di casi osservati, casi attesi e indicatori sia classici sia di tipo bayesiano, di facile lettura e di facile confronto con i risultati di altri studi.

Obiettivi

L'obiettivo del presente studio è valutare lo stato di salute della popolazione residente nell'area attraverso le seguenti fasi:

- descrivere e analizzare la distribuzione geografica (spazio-temporale) della mortalità/ospedalizzazione per cause specifiche (tumoriali e non) e di esiti sfavorevoli della riproduzione (malformazioni congenite, basso peso alla nascita, nascita prematura, rapporto tra sessi) nell'area della geotermia della Toscana, comprendente i comuni interessati dalla presenza di attività o fenomeni geotermici descritti nel paragrafo relativo al contesto territoriale in studio;
- valutare la struttura spaziale e temporale del rischio di mortalità e morbosità a livello comunale, individuando eventuali aggregati di comuni caratterizzati da eccessi anomali;
- individuare eventuali comuni con criticità sanitarie da approfondire a livello subcomunale mediante studi di correlazione geografica tra presenza di inquinanti ed eventi per cause specifiche, nonché facendo ricorso ad altro tipo di indagini.

Capitolo 4

Materiali Materials

Le analisi descrittive di mortalità, ospedalizzazione, eventi sfavorevoli della riproduzione sono state effettuate a livello di macroarea e per ogni comune incluso nell'area in studio.

Popolazione in studio

Nell'area della geotermia la popolazione residente media dal 01.01.2000 al 31.12.2006 è stata di 43.440 soggetti di cui 21.031 uomini e 22.409 donne, come riportato in **tabella 4.1** (pag. 26) per comune, subarea e sesso. Nella stessa tabella è riportato il numero di impianti e la relativa potenza installata per comune e per subarea e sono indicate la provincia, l'ASL e la zona sanitaria di ciascun comune.

L'area Sud risulta più popolosa, con il 61,1% degli abitanti delle due aree. Nei comuni la popolazione è diversamente distribuita: quelli più popolosi sono Pomarance nell'area Nord, con il 14,5% della popolazione dell'intera area geotermica, Abbadia San Salvatore (15,7%), Arcidosso (9,5%), Castel del Piano (10,1%) e Piancastagnaio (9,7%) nell'area Sud.

Nella **figura 4.1** (pag. 26) sono riportate le aree e i comuni in studio.

La numerosità della popolazione si è ridotta in modo costante tra il 1965 e il 2006 come si evince dalla **figura 4.2** (pag. 27), di circa 9.000 e 11.000 individui, rispettivamente, per l'area Sud per l'area Nord. Dopo il 2000 le popolazioni si sono stabilizzate e si nota un lieve incremento di popolazione nell'area Sud.

I decrementi o incrementi della popolazione sono attribuibili a diverse dinamiche che sono raffigurate nelle figure successive per gli anni 1965-2006. Sono rappresentati, rapportati a 100 abitanti, i nati, i morti, il saldo naturale (nati-morti), il saldo migratorio (immigrati-emigrati) e il saldo totale della popolazione (popolazione inizio anno+saldo naturale+saldo migratorio).

Nei grafici relativi alle due aree (**figure 4.3 e 4.4**, pag. 27), si osserva che in entrambe il saldo naturale continua a diminuire a causa della ridotta natalità, e il saldo migratorio diventa positivo nell'area Nord verso il 1990, mentre nell'area Sud ciò accade a partire dagli anni Ottanta. Si osservano i classici picchi dovuti alle regolarizzazioni anagrafiche negli anni immediatamente successivi ai censimenti. Nonostante questo maggiore flusso di immigrazione, il saldo della popolazione risulta positivo soltanto tra il 2002 e il 2004 in entrambe le aree.

Può essere utile, almeno per l'ultimo decennio, valutare le varie componenti dei flussi migratori. Dalla **figura 4.5** (pag. 28) si nota che in entrambe le aree la percentuale degli immigrati dall'estero risulta molto inferiore rispetto agli immigrati che provengono dall'Italia.

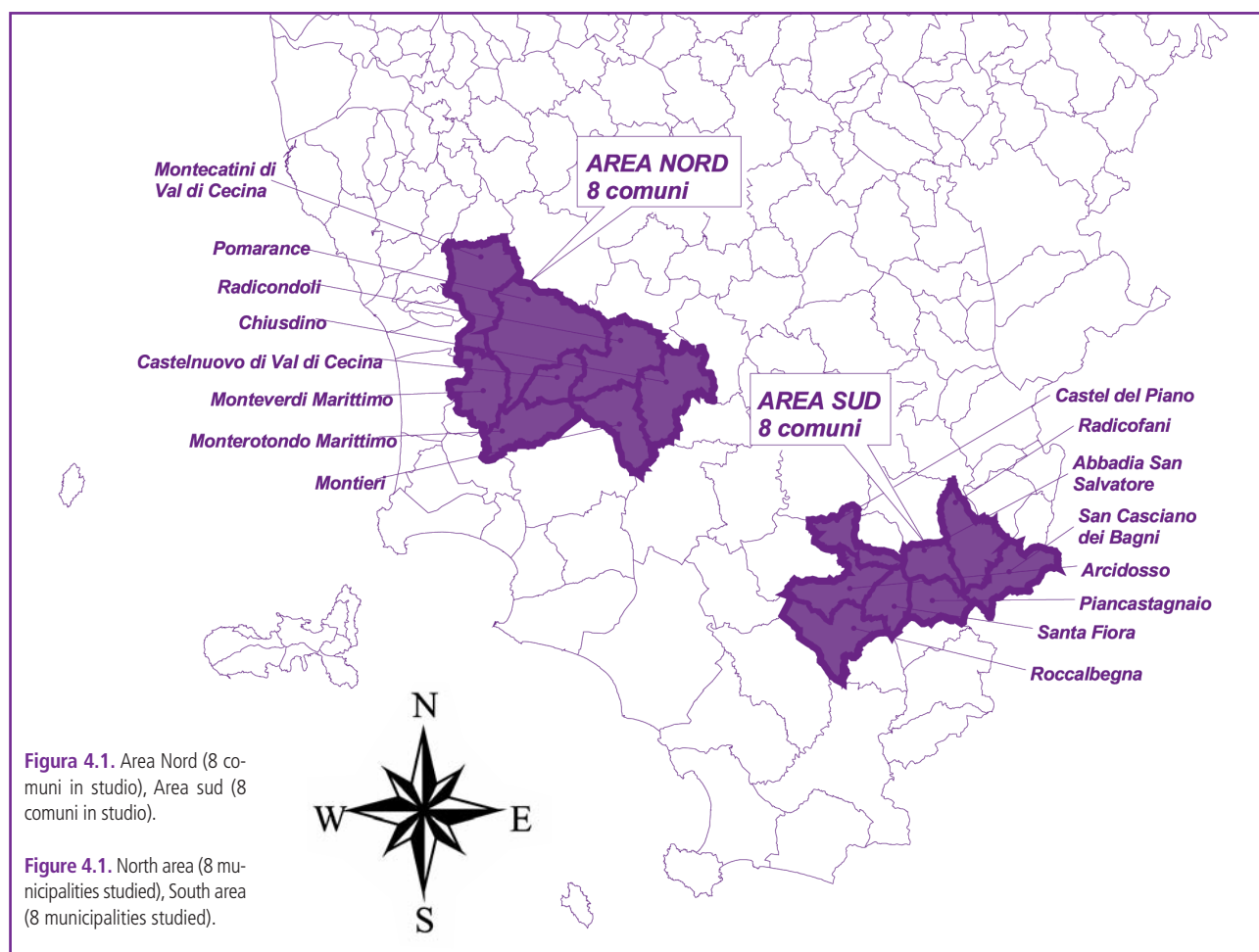
I fenomeni migratori dell'area geotermica indicano una situazione di non completa stabilità, e potrebbe essere utile indagare ulteriormente in quale percentuale le componenti di immigrazioni siano attribuibili a fenomeni turistici o alla ricerca di lavoro. Nel primo caso può verificarsi il fenomeno conosciuto in epidemiologia come «effetto Florida», ossia immigrazioni legate alla ricerca di un posto più consono alla età anziana (in Italia il fenomeno si osserva con le immigrazioni dalla Lombardia e dal Piemonte nelle città della costa ligure come Santa Margherita), oppure alla residenza legata a una seconda casa. In entrambi i casi si tratta di persone che vivono o hanno vissuto altrove, e che presentano una storia espositiva non legata al territorio.

Nel caso dell'immigrazione legata alla ricerca di lavoro, verosimilmente si tratta di una popola-

Area	AUSL	Zona sanitaria	Prov.	Cod. Istat	Comune	N. impianti geotermia	Pot.za (MW)	Popolazione residente media (periodo 2000-2006)		
								uomini	donne	totale
Area Nord	5-PI	Alta Val di Cecina	PI	50011	Castelnuovo Val di Cecina	6	114,5	1.174	1.287	2.461
			PI	50019	Montecatini Val di Cecina	-		1.006	983	1.989
			PI	50027	Pomarance	6	288	3.076	3.244	6.320
	6-LI	Val di Cornia	PI	50021	Monteverdi Marittimo	2	40	362	361	723
	7-SI	Senese	SI	52010	Chiusdino	-		937	986	1.923
		Alta Val d'Elsa	SI	52025	Radicondoli	5	120	499	492	991
	9-GR	Colline metallifere	GR	53017	Montieri	2	100	594	660	1.254
			GR	53027	Monterotondo Marittimo	5	60	617	624	1.241
Totale area Nord						26	722,5	8.265	8.637	16.902
Area Sud	7-SI	Amiata senese	SI	52001	Abbadia San Salvatore	-		3.253	3.566	6.819
	7-SI		SI	52020	Piancastagnaio	4	68	2.068	2.126	4.194
	7-SI		SI	52024	Radiconfani	-		609	614	1.223
	7-SI	Val di Chiana Senese	SI	52027	S. Casciano dei Bagni	-		859	893	1.752
	9-GR	Amiata grossetana	GR	53001	Arcidosso	-		1.928	2.182	4.110
	9-GR		GR	53004	Castel Del Piano	-		2.093	2.316	4.409
	9-GR		GR	53020	Roccalbegna	-		629	609	1.238
	9-GR		GR	53022	Santa Fiora	1	20	1.327	1.466	2.793
Totale area Sud						5	88	12.766	13.772	26.538
Totale area geotermica						31	810,5	21.031	22.409	43.440

Prov: Provincia; Pot.za: Potenza impianto geotermico in Mega Watt (MW).
 Prov=Province; Pot.za=Power of geothermal plant (Mega Watt – MW)

Tabella 4.1. Popolazione residente media (nel periodo 2000-2006) per area, ASL, zona sanitaria, comune e sesso.
Table 4.1. Resident mean population (period: 2000-2006) by area, ASL, sanitary area, municipality and gender.



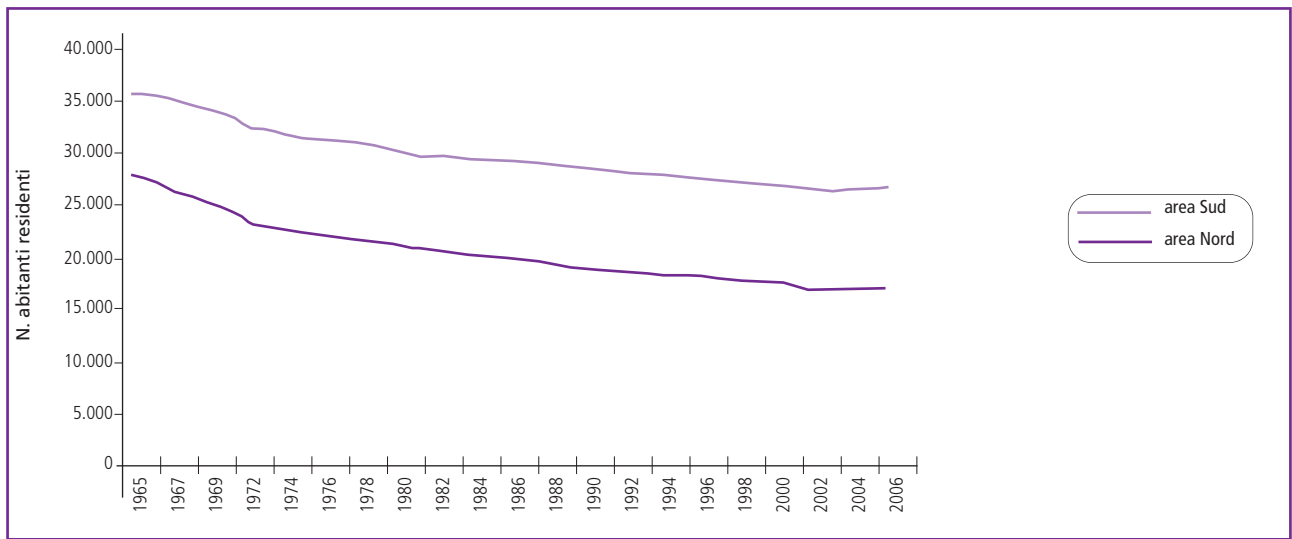


Figura 4.2. Andamento temporale della popolazione per area geotermica dal 1965 al 2006.

Figura 4.2. Time course of the population by geothermal area from 1965 to 2006.

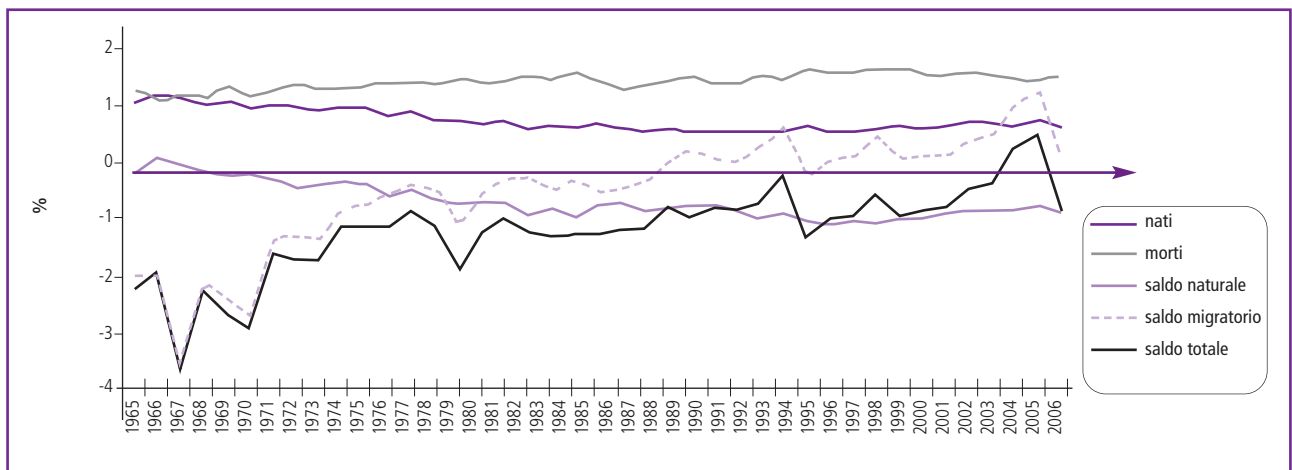


Figura 4.3. Dinamiche della popolazione residente nell'area geotermica Nord. Periodo 1965-2006.

Figura 4.3. Dynamics of the resident population in the North geothermal area. Years 1965-2006.

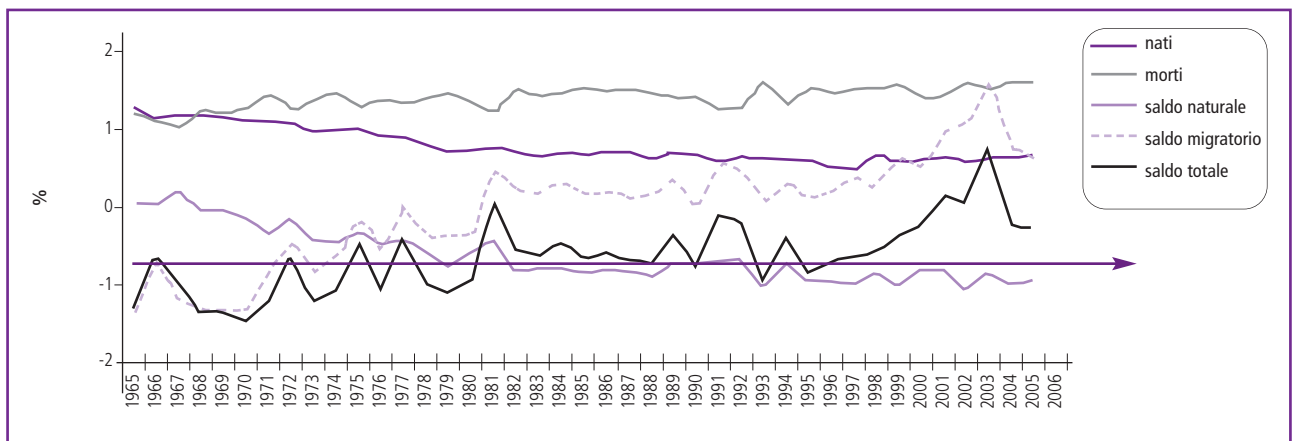
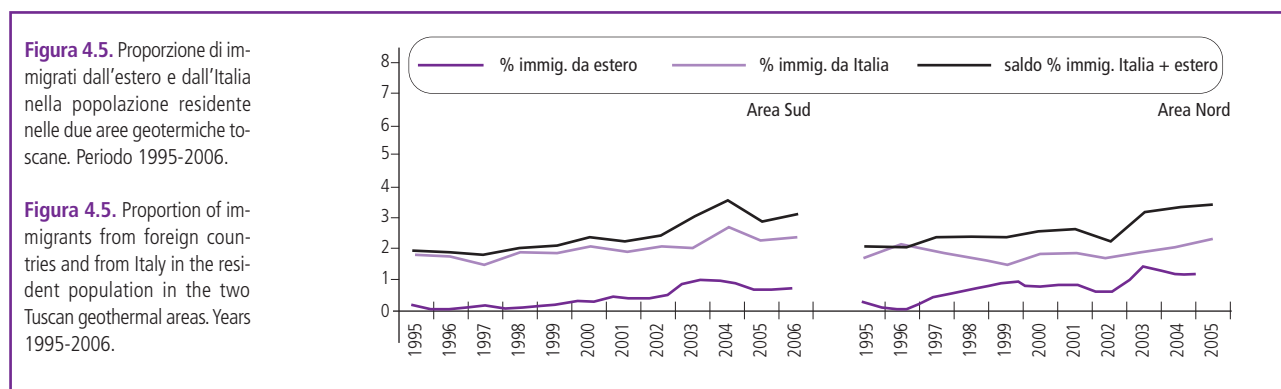


Figura 4.4. Dinamiche della popolazione residente nell'area geotermica Sud. Periodo 1965-2006.

Figura 4.4. Dynamics of the resident population in the South geothermal area. Years 1965-2006.



zione più giovane e più sana, fenomeno conosciuto in epidemiologia come «effetto lavoratore sano», che diluisce il possibile rischio sostenuto dalle persone più giovani residenti sul territorio dalla nascita.

Decessi

I dati provengono dal Registro di mortalità regionale della Toscana e sono stati classificati in base alla IX Classificazione internazionale delle cause di malattia (ICD-9). E' stato complessivamente esaminato il periodo 1971-2006, suddiviso ai fini dell'analisi in quattro intervalli pluriennali (1971-1979, 1980-1989, 1990-1999, 2000-2006).

La popolazione in studio è quella residente nell'area geotermica nei quattro periodi presi in considerazione. Le numerosità delle popolazioni sono di fonte Istat, calcolate utilizzando la somma della popolazione annuale entro periodo. Ciò consente di ridurre la distorsione che si potrebbe commettere nel non considerare i movimenti migratori entro area.

Le cause selezionate per lo studio sono state identificate sulla base dei seguenti criteri:

- patologie correlabili a inquinanti presenti nell'area geotermica (vedi capitolo 1);
- patologie risultate in eccesso in diversi studi effettuati in aree con criticità ambientali;^{88,105-109}
- patologie selezionate utilizzando i criteri già adottati in corso d'opera dal Progetto SENTIERI.¹¹⁵

Sulla base dei criteri sopra elencati sono state selezionate 60 cause di morte riportate in **tabella 4.2** (pag. 29) con i relativi codici ICD-9.

Ricoverati

La fonte dei dati dei ricoverati è il flusso delle schede di dimissione ospedaliera (SDO) della Regione Toscana (periodo 2004-2006), relativo ai ricoveri in regime ordinario e di day hospital dei soggetti residenti, classificati utilizzando la IX Classificazione internazionale delle cause di malattia (ICD-9).

La popolazione in studio è quella residente nell'area geotermica nel periodo 2004-2006. I denominatori sono di fonte Istat, calcolati utilizzando la somma della popolazione annuale entro periodo (per ridurre la distorsione che si po-

trebbe commettere nel non considerare i movimenti migratori entro area).

La selezione dei ricoverati, effettuata dall'Agenzia regionale di sanità della Toscana, è avvenuta a partire dall'informazione sulla residenza dei soggetti (inclusi i ricoveri avvenuti in ospedali localizzati al di fuori della Regione Toscana). Per l'identificazione dei ricoverati è stato utilizzato il codice universale in uso da parte della Regione Toscana, attribuito per tutelare la privacy sulla base del codice fiscale (un soggetto può avere un solo identificativo e a un identificativo corrisponde un solo soggetto). Un soggetto che è stato ricoverato per più patologie in studio è stato conteggiato una volta per ogni patologia di ricovero. Per ogni individuo ricoverato più volte per la stessa patologia in studio è stato considerato soltanto il primo ricovero avvenuto nel periodo in studio.

Le cause selezionate per lo studio dei ricoverati sono le stesse analizzate per la mortalità.

Eventi sfavorevoli della riproduzione

Malformazioni congenite

La fonte dei dati è il Registro toscano dei difetti congeniti (RTDC). I casi con malformazioni congenite (MC) sono rilevati tra:

- i nati vivi (NV) in cui il difetto congenito è accertato alla nascita o in periodo post-natale (entro il primo anno di vita);
- le morti fetali dalla 20^a settimana di gestazione: nati morti (NM) e aborti spontanei (AS);
- le interruzioni volontarie di gravidanza (IVG) a seguito di diagnosi prenatale di MC entro la 24^a settimana di gestazione.

I casi sono riferiti a esiti di gravidanze di donne residenti nei comuni dell'area in studio, ovunque sia avvenuto il parto o l'interruzione di gravidanza, nel periodo 1992-2006. I denominatori sono rappresentati dai nati residenti nell'area in studio nel periodo 1992-2006 (fonte: Istat). L'analisi è stata effettuata sul totale dei casi di MC e su gruppi di patologia selezionati sulla base:

- della qualità dei dati rilevati e della loro consistenza quantitativa (la percentuale di nati residenti in Toscana sorvegliati da RTDC si attesta intorno al 95%);¹¹⁶

CAUSA (tutte le età)	Codice ICD-9
Tutte le cause	0-999
Malattie infettive e parassitarie	001-139
• Tubercolosi	010-018
• Epatite virale	070
Tutti i tumori	140-239
• Tumori maligni delle labbra, della cavità orale, della faringe	140-149
• Tumori maligni dell'esofago	150
• Tumori maligni dello stomaco	151
• Tumori maligni del colon	153
• Tumori maligni del retto	154
• Tumori maligni del fegato e della colecisti e dei dotti biliari	155-156
• Tumori maligni del pancreas	157
• Tumori maligni della laringe	161
• Tumori maligni della trachea, dei bronchi e del polmone	162
• Tumori maligni della pleura	163
• Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli	171
• Melanoma maligno della cute	172
• Tumori maligni della mammella	174-175
• Tumori maligni dell'utero	179-180, 182
• Tumori maligni dell'ovaio e di altri annessi uterini	183
• Tumori maligni della prostata	185
• Tumori maligni del testicolo	186
• Tumori maligni della vescica	188
• Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari	189
• Tumori maligni del sistema nervoso centrale	191-192, 225, 239.6
• Tumori maligni del tessuto linfematopoietico	200-208
– Linfomi non Hodgkin	200.202
– Malattia di Hodgkin	201
– Mieloma multiplo e neoplasie immunoproliferative	203
– Leucemie	204-208
– Leucemia linfoide (acuta e cronica)	204
– Leucemia mieloide (acuta e cronica)	205
Diabete Mellito - Altri disturbi endocrini	250
Demenze	290, 331.0-331.2
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	320-389
• Morbo di Parkinson	332
• Malattia del motoneurone	335,2
• Sclerosi multipla	340
• Epilessie	345
• Neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate	357,9
Malattie del sistema circolatorio	390-459
• Malattia Ipertensiva	401-405
• Infarto miocardico acuto della parete enterolaterale	410
• Malattie ischemiche del cuore	410-414
• Disturbi circolatori dell'encefalo	430-438
Malattie dell'apparato respiratorio	460-519
• Malattie respiratorie acute	460-466, 480-487
– Polmonite	480-486
• Malattie polmonari croniche ostruttive	490-496
– Broncopneumopatie croniche ostruttive	491-492, 494-496
– Asma	493
• Pneumoconiosi	500-505
Malattie dell'apparato digerente	520-579
• Malattie epatica cronica e cirrosi	571
Malattie del sistema genitourinario	580-629
• Nefrosi	581-583
• Insufficienza renale acuta e cronica	584-585
Malformazioni congenite	740-759
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	780-799
Traumatismi ed avvelenamenti	800-999

Tabella 4.2. Cause di morte in studio ordinate secondo il codice ICD-9.

Table 4.2. Causes of death ordered by ICD-9 code.

Tabella 4.3. Gruppi di malformazioni congenite oggetto di analisi per codice ICD9, ICD10.

Table 4.3. Groups of congenital malformations studied and their relative ICD-9 and ICD-10 codes.

Anomalie	Codici ICD-9	Codici ICD-10
Sistema nervoso	740,741,7420-7425,7428,7429	Q00-Q07
Cardiopatie congenite	7450-7459,7460-7469,7470-7474	Q20-Q26
Palato-labbro	7490-7492	Q35-Q37
Apparato urogenitale interno	7520-7523,7529-7539	Q50,Q510-Q514,Q517-Q519,Q60-Q63,Q641-649
Apparato genitale esterno	7524-7528	Q515,Q516,Q52-Q56,Q640
Arti	7543-7547,7550-7556,7558-7559	Q650-Q656,Q66,Q682-Q685,Q69-Q74
Anomalie muscolo-scheletriche e del connettivo	7444-7445,7448-7449,7480-7481,7501-7502,7540-7542,7548,7560-7569,5240,5249	Q18,Q30,Q380,Q382-Q389,Q67,Q680,Q688,Q75-Q79,Q8704,Q8705,Q8708,Q870A,K070,K079
Anomalie cromosomiche	7580-7583,7585-7589	Q90-Q94,Q96-Q99

■ della disponibilità di dati validi di confronto (standard) da parte dei sistemi internazionali come la International Clearinghouse for Birth Defects Surveillance and Research (ICBDSR)^{117,118} e l'European Surveillance of Congenital Anomalies.^{119,120}

Inoltre, è stata considerata la numerosità dei casi per comune e per ragioni di potenza statistica non sono state considerate MC specifiche rare.

Per la codifica delle MC, il RTDC ha utilizzato per il periodo 1992-2001 il sistema EUROCAT a 6 cifre, estensione della British Paediatric Association Classification of Diseases, basato sulla classificazione ICD-9, e per il periodo 2002-2006 la classificazione ICD-10. I gruppi di malformazioni congenite selezionati con i relativi codici ICD sono riportati nella **tabella 4.3**.

In accordo con i protocolli internazionali, in uso anche nei registri operanti in Italia, non vengono considerati i difetti congeniti lievi (anomalie minori o difetti antropometrici) che hanno un significato modesto per il paziente e sono di difficile standardizzazione diagnostica e di rilevazione. L'analisi è stata effettuata per casi con patologia isolata e associata (in tal caso un soggetto che presenta più difetti congeniti appartenenti a gruppi nosologici diversi entra più volte nelle analisi).

Basso peso alla nascita, nascite pretermine, rapporto di mascolinità

I dati provengono dal flusso regionale del Certificato di

assistenza al parto (CeDAP) che raccoglie le informazioni sui parti e sui nati in Toscana, ma non comprende le informazioni sui nati fuori Regione da madri residenti in Toscana.

E' stato considerato il periodo dal 2001 al 2007, durante il quale il flusso informativo su giudizio dell'Agenzia regionale di sanità è considerato di buona qualità, con una percentuale di dati mancanti o errati al di sotto del 5% nelle variabili rilevate.

Le variabili d'interesse ai fini delle analisi sono il comune di residenza, il numero totale dei nati, il peso alla nascita, l'età gestazionale e il sesso dei nati.

Come esiti sfavorevoli della riproduzione sono stati considerati i seguenti indicatori, in accordo con la classificazione stabilita dall'Organizzazione mondiale della sanità (OMS):

- il basso peso alla nascita (*low weight*=LW), definito come la percentuale di nati con peso minore di 2.500 grammi;
- il bassissimo peso alla nascita (*very low weight*=VLW), definito come la percentuale di nati con peso minore di 1.500 grammi;
- il basso peso alla nascita nelle gravidanze con età gestazionale normale (LW36), definito come la percentuale di nati con peso minore di 2.500 grammi e con età gestazionale maggiore di almeno 36 settimane;
- la nascita pretermine, definita come la percentuale di nati con età gestazionale inferiore a 36 settimane;
- il numero osservato di maschi rapportato al numero atteso calcolato rispetto al tasso regionale.

Capitolo 5

Metodi Methods

Le analisi e la presentazione dei risultati sono stati articolati su due livelli gerarchici. Il primo livello comprende le analisi per aree aggregate includenti i comuni:

- dell'area Nord;
- dell'area Sud;
- dell'area geotermica totale.

Il secondo livello include le analisi per ciascun comune dell'area geotermica.

Area di riferimento per il calcolo degli indicatori di mortalità/ospedalizzazione

In numerosi studi ecologici, per ogni patologia è stato confrontato il numero di morti/ricoverati osservati nell'area in studio con il valore atteso, calcolato utilizzando i tassi età-sesso specifici della popolazione regionale.^{88,105-109,115} Poiché per permettere stime adeguate di eventi attesi la popolazione di riferimento dovrebbe essere simile a quella in studio in termini socioeconomici, culturali, etnici, nel presente studio oltre alla popolazione regionale è stata anche utilizzata la popolazione dell'area locale comprendente i residenti nei 98 comuni con coordinate geografiche del municipio comprese in un cerchio di raggio 50 km centrato sull'area in studio (figura 5.1, pag. 32). La scelta dei 50 km è stata dettata dall'esigenza di avere un riferimento con caratteristiche socioeconomiche e culturali più simili all'area in studio rispetto a quelle dell'intera regione e al contempo con dimensioni comunque molto superiori (l'area in studio è il 7% dell'area complessiva entro i 50 km), in modo che il calcolo degli attesi non sia influenzato dal tasso dell'area in studio. Da notare che dall'area di riferimento locale sono stati esclusi i comuni capoluogo di provincia di Pisa e Livorno, perché molto diversi dal punto di vista socioeconomico e ambientale.

Distribuzione dell'indice di deprivazione socioeconomica al censimento 2001 nelle aree in studio

L'indice di deprivazione socioeconomica (ID), le cui basi teorico-pratiche sono descritte in Caranci et al.,¹²¹ è stato costruito utilizzando le informazioni relative alla popolazione residente al censimento 2001, selezionando le cinque variabili (x_i) sotto riportate:

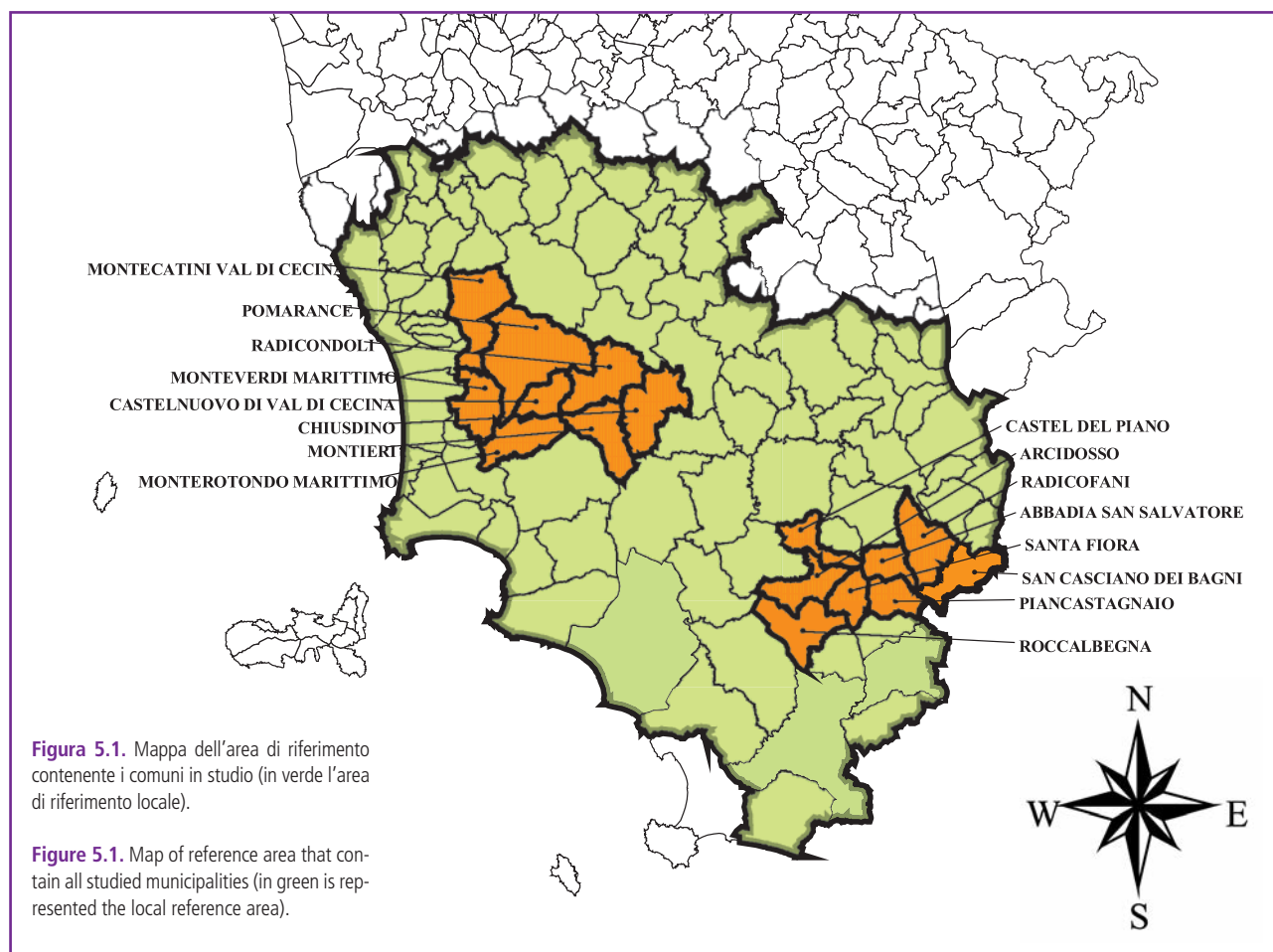
- x_1 : percentuale di popolazione con istruzione pari o inferiore alla licenza elementare (mancato raggiungimento dell'obbligo scolastico);
- x_2 : percentuale di popolazione attiva disoccupata o in cerca di prima occupazione;
- x_3 : percentuale di abitazioni occupate in affitto;
- x_4 : percentuale di famiglie monogenitoriali con figli dipendenti conviventi;
- x_5 : indice di affollamento (numero di occupanti per 100 m²).

Per ogni comune della Regione Toscana sono state standardizzate le variabili x_i :

$$z_i = \frac{x_i - \mu_{x_i}}{s_{x_i}} \quad \forall x_i \text{ con } i = 1 \dots 5$$

dove:

- μ_{x_i} è la media della distribuzione di x_i dei comuni della Regione Toscana



■ s_{x_i} è la deviazione standard della distribuzione di s_{x_i} dei comuni della Regione Toscana.
 Per ogni comune, l'ID standardizzato sulla media regionale è stato calcolato come somma dei cinque punteggi z_i :

$$ID_Z = \sum_{i=1}^5 z_i$$

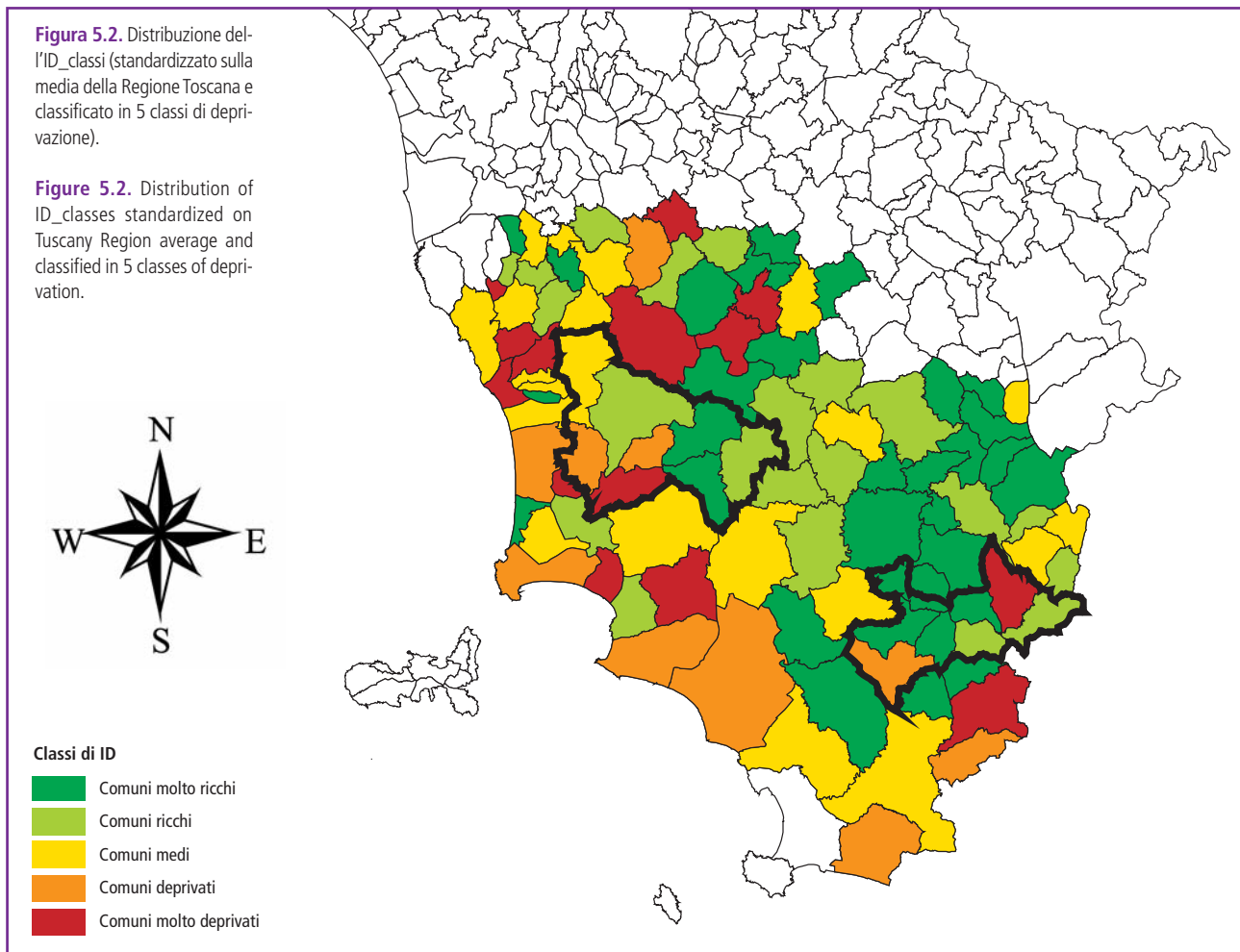
Dalla distribuzione dell'ID_Z (ordinata in ordine crescente) dei 98 comuni dell'area di riferimento locale (come sopra descritta) è stato definito un ID ordinale (ID_classi) suddividendo i 98 comuni del riferimento in cinque gruppi di deprivazione (dalla classe 1: deprivazione bassa alla

Tabella 5.1. Classificazione dei comuni in studio secondo l'ID_classi. I comuni sono ordinati per area di appartenenza, per ID_classi e per ID_Z.

Table 5.1. Classification of studied municipalities by ID_classes. Municipalities are ordered by area of membership, by ID_classes and by ID_Z.

Area	Comune	Codice Istat	Popolazione 2001	ID_Z	ID_classi
Nord	Radicondoli	9052025	978	-1,83	1
	Montieri	9053017	1.248	-1,37	1
	Chiusdino	9052010	1.918	-1,23	2
	Pomarance	9050027	6.323	-0,51	2
	Montecatini Val di Cecina	9050019	2.008	0,43	3
	Castelnuovo di Val di Cecina	9050011	2.467	0,69	4
	Monteverdi Marittimo	9050021	701	1,03	4
	Monterotondo Marittimo	9053027	1.210	2,20	5
Sud	Santa Fiora	9053022	2.767	-4,39	1
	Castel Del Piano	9053004	4.331	-3,54	1
	Arcidosso	9053001	4.114	-2,42	1
	Abbadia San Salvatore	9052001	6.832	-1,34	1
	San Casciano dei Bagni	9052027	1.745	-1,15	2
	Piancastagnaio	9052020	4.196	-1,13	2
	Roccalbegna	9053020	1.241	1,24	4
	Radicofani	9052024	1.219	2,07	5

ID_Z: ID standardizzato sulla media della Regione Toscana; ID_classi: ID_Z classificato secondo i quintili di popolazione al censimento del 2001; Popolazione 2001: popolazione al censimento 2001.
 ID_Z: standardized ID on Tuscany Region average; ID_classes: ID_Z classified by population quintiles at census of 2001.



classe 5: deprivazione alta) definiti dai quintili della distribuzione della dimensione numerica della popolazione. Ogni comune del riferimento locale è stato classificato sulla base della seguente classificazione:

- 1: Comune molto ricco
- 2: Comune ricco
- 3: Comune poco deprivato
- 4: Comune deprivato
- 5: Comune molto deprivato

Il criterio adottato consente di ricavare un ID in classi poco influenzato dalle unità di osservazione (i comuni) che contengono pochi residenti, in funzione di una ponderazione che traduce l'importanza di un comune in base agli abitanti che lo compongono.

Nella **figura 5.2** è riportata la distribuzione dell'ID_classi al censimento 2001 nelle aree geotermiche della Toscana e nei comuni limitrofi, utilizzati come riferimento per il calcolo degli stimatori di mortalità e ospedalizzazione.

Area	Popolazione 2001	ID_Z medio	ID_classi mediano	Comuni non deprivati (ID_classi<3)			
				N.	%	popolazione 2001	% su popolaz. totale
Nord (8 comuni)	16.853	-0,07	2,5	4	50	10.467	62
Sud (8 comuni)	26.445	-1,33	1,5	6	75	23.985	91
Area geotermica (16 comuni)	43.298	-0,70	2	10	63	34.452	80
Area di riferimento (98 comuni)	683.261	-0,52	2	53	55	270.941	40

Tabella 5.2. Media dei valori ID_Z e Mediana dei valori di ID_classi per area, numero di comuni non deprivati (ID_classi<3) e percentuale sul totale dei comuni per area. Popolazione residente nei comuni non deprivati e percentuale di popolazione residente in comuni non deprivati sul totale della popolazione per area.

Table 5.2. ID_Z values average and ID_classes values median for area, number of non-deprived municipalities (ID_classes<3) and percentage of total of municipalities for area. Resident population in non-deprived municipalities and percentage of resident population in non-deprived municipalities on total population per area.

	Mortalità			Ricoverati		Malformazioni congenite		Basso peso alla nascita
Indicatori	TSD	SMR/SMR-ID	BMR	SHR/SHR-ID	BHR	O/A	BMR	O/A
Contesto in studio	area/comune	area/comune	comune	area/comune	comune	area/comune	comune	area/comune
Riferimenti	Europa	50 km	50 km	50 km	50 km	Regione	50 km	Regione
Periodi	71-79,80-89,90-99,00-06	00-06	00-06	04-06	04-06	92-06	92-06	01-07

Tabella 5.3. Schema del metodo di analisi per evento sanitario in studio.

Table 5.3. Scheme of the method of analysis for every health event studied.

Come si evince dalla distribuzione dell'ID, riportata in **tabella 5.1** (pag. 32), nell'area Nord i comuni più deprivati sono quelli di Castelnuovo Val di Cecina, Monteverdi Marittimo e Monterotondo Marittimo. I comuni più deprivati dell'area Sud sono Roccalbegna e Radicofani.

Nella **tabella 5.2** (pag. 33) sono riportate sia la media e la mediana dell'ID calcolate per area (utilizzando gli ID dei comuni appartenenti alle aree in studio), sia la percentuale di popolazione non deprivata (ID_classi <3) residente nelle aree geotermiche toscane e nell'area di riferimento. Questa tabella mostra che l'area Nord è poco deprivata, con il 62% della popolazione che risiede in comuni non deprivati, e l'area Sud è ancor meno deprivata, con oltre il 90% della popolazione che risiede in comuni non deprivati a fronte di due soli comuni deprivati (ID_classi >3) di piccole dimensioni.

Sebbene sia l'area geotermica sia l'area di riferimento appartengano alla classe mediana di ID uguale a 2, l'area geotermica è mediamente più ricca, con l'80% della popolazione che risiede in comuni con ID_classi inferiore a 3, a fronte del 40% nell'area di riferimento.

Metodi statistici

Indicatori classici

Le analisi, effettuate per ogni periodo, comprendono i seguenti indicatori:

■ Tasso di mortalità standardizzato per età con il metodo diretto (TSD)

Il tasso standardizzato con il metodo diretto (TSD) è calcolato come media pesata dei tassi specifici per classi di età, ognuna delle quali assume un peso dato dalla struttura per età di una popolazione di riferimento considerata come standard.¹²² Questo metodo permette di confrontare tassi di popolazioni che hanno strutture per età diverse tra di loro. La popolazione di riferimento è quella europea fittizia costante nel tempo e definita uguale per ciascun genere.

Il TSD è stato calcolato per area/comune in studio, per sesso e per periodo di studio (1971-1979, 1980-1989, 1990-1999, 2000-2006).

■ Rapporto di mortalità/ospedalizzazione standardizzato sia per classi di età (SMR/SHR) sia per classi di età e di ID (SMR-ID/SHR-ID)

Il rapporto SMR/SHR¹²² permette di evidenziare scostamenti in eccesso o in difetto di mortalità o di ricovero nelle aree e nei comuni in studio rispetto all'area di riferimento. L'intervallo di confidenza dell'SMR/SHR è calcolato usando il metodo approssimato di Byar.¹²²

Il calcolo degli SMR/SHR è stato effettuato anche tenendo conto del potenziale effetto di confondimento dovuto a fattori socioeconomici, utilizzando l'indice di deprivazione socioeconomica in classi, come definito nel paragrafo precedente.

Per il calcolo degli attesi di ogni patologia, per gli SMR-ID/SHR-ID nei comuni di interesse, si è utilizzato come riferimento il tasso calcolato sulla totalità dei comuni appartenenti alla stessa classe di ID. Il calcolo dei casi attesi per area è stato effettuato sommando gli attesi dei comuni appartenenti alle aree di studio.

Gli SMR-ID/SHR-ID possono dare risultati diversi dai classici SMR/SHR nel caso ci sia un effetto di confondimento dovuto a fattori socioeconomici. Si ricorda che nell'area geotermica, e in particolare quella Sud, i comuni sono in media meno deprivati rispetto all'area locale di riferimento, e per tale motivo con l'aggiustamento per ID si può ipotizzare un aumento degli SMR/SHR, in quanto il numero di eventi attesi nei comuni meno deprivati dovrebbe risultare inferiore.

■ Rapporto osservato/atteso (O/A)

Il rapporto O/A è stato utilizzato per gli esiti sfavorevoli della gravidanza. Gli attesi sono stati calcolati utilizzando il tasso regionale.

Indicatori bayesiani

Per la stima del rischio di mortalità o di ricovero in un'area di piccole dimensioni demografiche è spesso utile affiancare all'SMR/SHR stime *smoothed* (lisciate) che riducono le fluttuazioni casuali del rischio. Gli indicatori bayesiani stimano il rischio di un'area utilizzando le stime delle aree adiacenti caratterizzate da maggiori evidenze empiriche. Il modello utilizzato per stimare il rischio relativo bayesia-

no è quello gerarchico di convoluzione gaussiana proposto da Besag, York e Mollié¹²³ e perfezionato da Mollié.¹²⁴ Di seguito è riportato il procedimento per il calcolo degli indicatori bayesiani sui dati di mortalità (BMR) che vale anche per gli indicatori bayesiani calcolati sui dati di ricovero (BHR). Il BMR è calcolato mediante la somma di due effetti casuali:

$$BMR_i = e^{\alpha + U_i + V_i}$$

dove:

$V_i \sim N(0, prec.v)$ componente a priori normale del rischio che tiene conto della sovradisersione non spaziale nei dati; $U_i \sim car.N(adj[i], prec.u)$ componente normale del rischio che tiene conto della variabilità strutturata spazialmente, la distribuzione a priori *car.normal* (Conditional Auto Regression) permette di stimare il rischio in un comune in funzione delle stime calcolate nei comuni adiacenti: più è alta la correlazione spaziale nella distribuzione delle cause di morte, maggiore sarà il peso dei comuni adiacenti nella stima del rischio relativo; più i rischi stimati sono basati su pochi casi, più essi si avvicinano a una media locale dei rischi fortemente influenzata dalle stime dei comuni adiacenti.

Il calcolo dei BMR e la ricerca delle informazioni a priori utilizzate,¹²⁴ prevedono complicati calcoli computazionali. Gli intervalli di credibilità al 95% (IC95%) vengono stimati mediante procedure iterative di simulazione di Monte Carlo (catene di Markov) e di campionamento di Gibbs¹²⁵ e sono serviti per valutare l'ampiezza dell'incertezza della stima e la significatività statistica dell'eccesso o del difetto di rischio.

Il controllo della convergenza del metodo è stato effettuato attraverso una serie di test statistici.¹²⁶

Il modello è stato implementato e analizzato tramite il software WinBUGS.¹²⁷

Il BMR, nel caso di eventi rari e/o popolazioni con numerosità bassa, permette di «filtrare il rumore» dovuto alla variabilità casuale e, considerando la variabilità geografica del rischio, fornisce una stima più stabile e attendibile rispetto al semplice SMR, che mostra maggiori fluttuazioni campionarie e quindi una peggiore precisione, specialmente in analisi di piccole aree. In particolare nei comuni con pochi abitanti, numerosi nello studio in oggetto, il numero di casi attesi è spesso molto basso, per cui variazioni anche di una sola unità osservata possono fare variare notevolmente l'indicatore. In questi casi di rarità delle patologie in aree di piccola dimensione, i BMR correggono gli SMR verso una media locale delle stime di rischio osservate nei comuni confinanti, utilizzando informazioni sulla struttura di variabilità dei dati (presumendo che i rischi adiacenti siano correlati tra di loro). Il BMR, a differenza dell'SMR, tiene conto della correlazione spaziale del fenomeno (dipendenza dei rischi). L'inclusione nel modello delle componenti U e V ha consentito di costruire un indice di frazione spaziale utile per la valutazione del peso dell'eterogeneità del rischio dovuta alla struttura spaziale sull'intera eterogeneità del fenomeno. Le analisi bayesiane sono state effettuate sui residenti dei comuni che hanno il municipio compreso nel cerchio di

raggio pari a 50 km centrato sull'area in studio. I BMR sono stati calcolati anche sui dati del registro delle malformazioni congenite.

Mappe di eventi sanitari (*disease mapping*)

Le mappe degli eventi sanitari (*disease mapping*) costituiscono la rappresentazione della distribuzione geografica degli indicatori sul territorio in studio. L'obiettivo principale della mappatura è di mettere in luce irregolarità e *pattern* spaziali del fenomeno. I metodi utilizzabili per la preparazione di mappe di eventi sanitari sono diversi e vanno dalla rappresentazione dei tassi standardizzati e/o degli SMR/SHR, a tecniche di *smoothing* (Kernel), all'utilizzo di modelli statistici bayesiani più complessi (BMR/BHR).

Le mappe degli SMR/SHR presentano una forte componente di «rumore», specialmente per le patologie più rare, data dalla variabilità casuale campionaria e non permettono di differenziare la reale variazione del rischio sul territorio (distribuzione geografica del rischio associato a fattori d'interesse) dalla variabilità totale. Le mappe dei BMR/BHR attenuano tali problemi e minimizzano il numero di false situazioni di allarme. Per tale motivo è stato deciso di mappare solo i BMR/BHR. Per la rappresentazione delle mappe dei BMR/BHR è stato utilizzato il software ArcView.¹²⁸

Per ogni patologia sono mappati i rischi bayesiani comunali utilizzando classi di rischio prefissate (1: 0-75, 2: 75-95, 3: 95-105, 4: 105-125, 5: >125).

Guida alla lettura dei risultati dell'analisi della mortalità, dei ricoverati e degli eventi riproduttivi

Per ogni area in studio è stato descritto l'andamento temporale dei quattro TSD calcolati nei periodi in studio (1971-1979, 1980-1989, 1990-1999, 2000-2006). I trend a livello di area (area Nord, area Sud, area geotermica) sono stati confrontati sia tra di loro, sia con i trend calcolati a livello regionale. Nel testo vengono riportati solo alcuni grafici dei TSD per dare maggiore importanza a quelle patologie per cui risultino eterogeneità più significative tra gli andamenti temporali a livello di area.

Tutti i TSD calcolati sia a livello di area sia a livello comunale sono integralmente riportati nel CD allegato.

Nelle tabelle 6.1 e 6.2 del Capitolo 6, per ciascuna causa o gruppo di cause di morte o di ricovero sono riportati i rapporti standardizzati di mortalità/ospedalizzazione (SMR/SHR), distinti per sesso e area geotermica e aggiustati per indice di deprivazione (SMR-ID/SHR-ID). Gli SMR/SHR si riferiscono al periodo 2000-2006 per la mortalità e al periodo 2004-2006 per i ricoverati. Nello stesso capitolo sono stati commentati solo gli SMR/SHR calcolati con il riferimento locale in quanto gli indicatori calcolati con il riferimento regionale non sono risultati significativamente diversi da quelli presentati nel presente supplemento.

Non sono presentati gli SMR/SHR delle cause di morte con un numero di osservati inferiore a 3.

Per ogni patologia in studio sono stati commentati i risultati degli SMR/SHR calcolati a livello di area (Nord, Sud, geotermica totale) dando maggiore risalto ai difetti e agli eccessi statisticamente significativi o a quelli ai limiti della significatività statistica. Un difetto è definito statisticamente significativo quando il limite superiore dell'intervallo di confidenza al 95% di probabilità è inferiore al valore 100; un eccesso è definito statisticamente significativo quando il limite inferiore dell'intervallo è superiore al valore 100. Per le patologie con eccessi statisticamente significativi è stata effettuata un'analisi degli SMR/SHR stratificati per tre classi di età (0-34, 35-64, 65 anni e più) e sono state segnalate le classi di popolazione maggiormente a rischio.

I risultati a livello comunale (integralmente riportati nel CD allegato) sono commentati nel Capitolo 6 solo quan-

do sono statisticamente significativi o nei casi in cui l'eccesso sia particolarmente elevato, anche se non statisticamente significativo.

L'analisi bayesiana è stata utilizzata per valutare ulteriormente gli eccessi statisticamente significativi evidenziati a livello comunale, e per tale motivo i BMR/BHR sono stati commentati solo per i comuni in cui risultavano SMR/SHR statisticamente significativi.

Le mappe dei BMR/BHR sono riportate nel capitolo dei risultati solo per le patologie in cui si evidenzia una eterogeneità significativa della distribuzione degli indicatori bayesiani o per le cause in cui emergono aggregati di comuni con eccessi di mortalità/ricoverati. Le mappe sono state effettuate a livello comunale nell'area di riferimento locale (50 km) per genere.

Per ogni evento di tipo sanitario la **tabella sinottica 5.3** (pag. 34) riassume gli indicatori presentati riportati nel presente supplemento, i relativi riferimenti e i periodi in studio.

Capitolo 6

Risultati Results

Mortalità

Tutte le cause (ICD-9: 001-999)

Nell'intera area geotermica nell'ultimo periodo 2000-2006 si sono registrati 4.554 decessi, di cui 2.312 nei maschi e 2.242 nelle femmine. Il 38% si è verificato tra i 16.900 residenti negli otto comuni dell'area geotermica Nord (881 maschi e 855 femmine) e il 62% tra i 26.500 residenti dell'area geotermica Sud (1.431 maschi e 1.387 femmine). Tra i maschi residenti nell'area geotermica totale, l'87% dei decessi si verifica nei più anziani (≥ 65 anni), il 12% negli adulti (35-64 anni) e il restante 1% nei più giovani (< 35 anni). Tra le femmine, la distribuzione per età al decesso è ancora più spostata verso classi di età più avanzata, con il 93% dei decessi compresi nella classe di età maggiore di 65 anni, il 6% tra le 35-64enni e l'1% nelle donne di età inferiore ai 35 anni.

Nel periodo dal 1971 al 2006 i tassi di mortalità generale standardizzati per età sono in diminuzione sia nell'area geotermica totale, sia in quelle Sud e Nord, in entrambi i generi, e in analogia a quanto rilevato a livello regionale (**figure 6.1 e 6.2**, pag. 38). Comunque, in tutto il periodo l'area geotermica Nord presenta valori sempre inferiori al valore regionale, mentre quella Sud si posiziona sempre al di sopra dei valori della regione Toscana, con accentuazione della differenza nell'ultimo periodo tra i maschi. I trend dei TSD delle femmine delle aree geotermiche Nord e Sud tendono decisamente a convergere di più verso i valori regionali.

Nella **tabella 6.1** (pagg. 40-41) sono riportati i rapporti standardizzati di mortalità per ciascuna causa di morte o gruppo di cause, distinti per sesso e area geotermica, e anche aggiustati per indice di deprivazione (SMR-ID). Gli SMR si riferiscono all'ultimo periodo 2000-2006 e sono calcolati utilizzando come riferimento la mortalità dei residenti nei comuni compresi in un raggio di 50 km centrato nell'area geotermica in studio. Come descritto nel Capitolo 5, non sono presentati gli SMR delle cause di morte con un numero di osservati inferiore a 3.

Nel periodo 2000-2006, tra i maschi residenti nel complesso dei 16 comuni geotermici, rispetto a quelli residenti nei comuni limitrofi non geotermici, si registra un significativo eccesso di mortalità per tutte le cause (+6%), equivalente a circa 18 decessi in più all'anno rispetto agli attesi. L'eccesso è presente sia negli ultra 65enni (O 2007; SMR 105; IC95% 101-110) sia negli adulti di età 35-64 anni (O 276; SMR 114; IC95% 101-128), ma non nei più giovani. Al contrario, tra le femmine residenti nell'intera area geotermica il numero dei decessi osservati è inferiore al numero degli attesi, con uno scostamento statisticamente non significativo.

Nell'area geotermica Sud l'eccesso di mortalità generale dei maschi è più elevato rispetto a quanto osservato nell'area totale (+13%), equivalente a 24 decessi oltre l'atteso per ciascun anno. L'eccesso è riscontrabile sia nella classe d'età maggiore o uguale 65 anni (O 1.230; SMR 112; IC95% 106-118) sia in quella di 35-64 anni (O 184; SMR 127; IC95% 109-146). Nelle femmine dell'area geotermica Sud invece non si rileva alcun eccesso di mortalità rispetto all'atteso. Pur non raggiungendo la significatività statistica, nell'area geotermica Nord il numero di decessi osservati è inferiore all'atteso sia nei maschi sia nelle femmine.

Come si evidenzia dalla tabella 6.1 di questo capitolo, l'aggiustamento per indice di deprivazio-

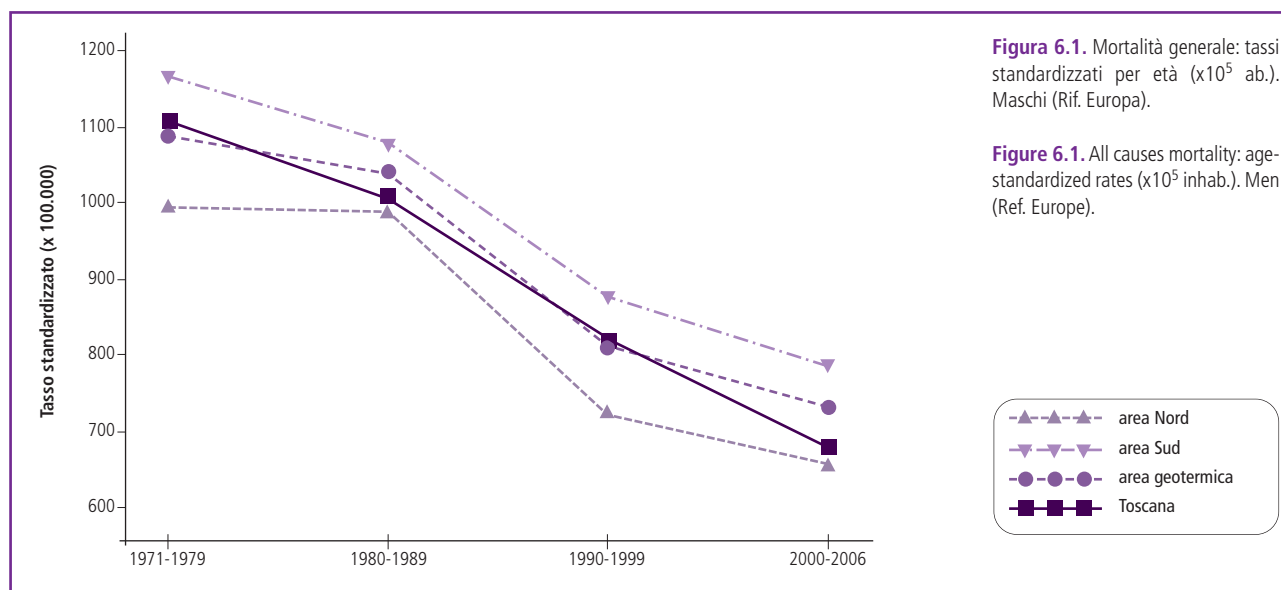


Figura 6.1. Mortalità generale: tassi standardizzati per età (x10⁵ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.1. All causes mortality: age-standardized rates (x10⁵ inhab.). Men (Ref. Europe).

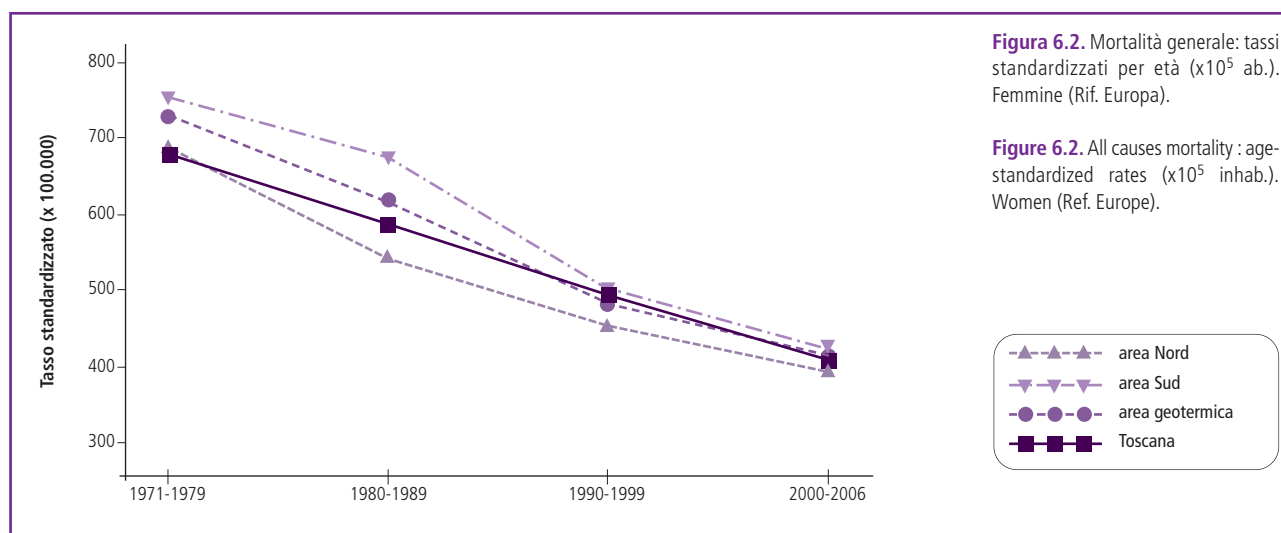


Figura 6.2. Mortalità generale: tassi standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

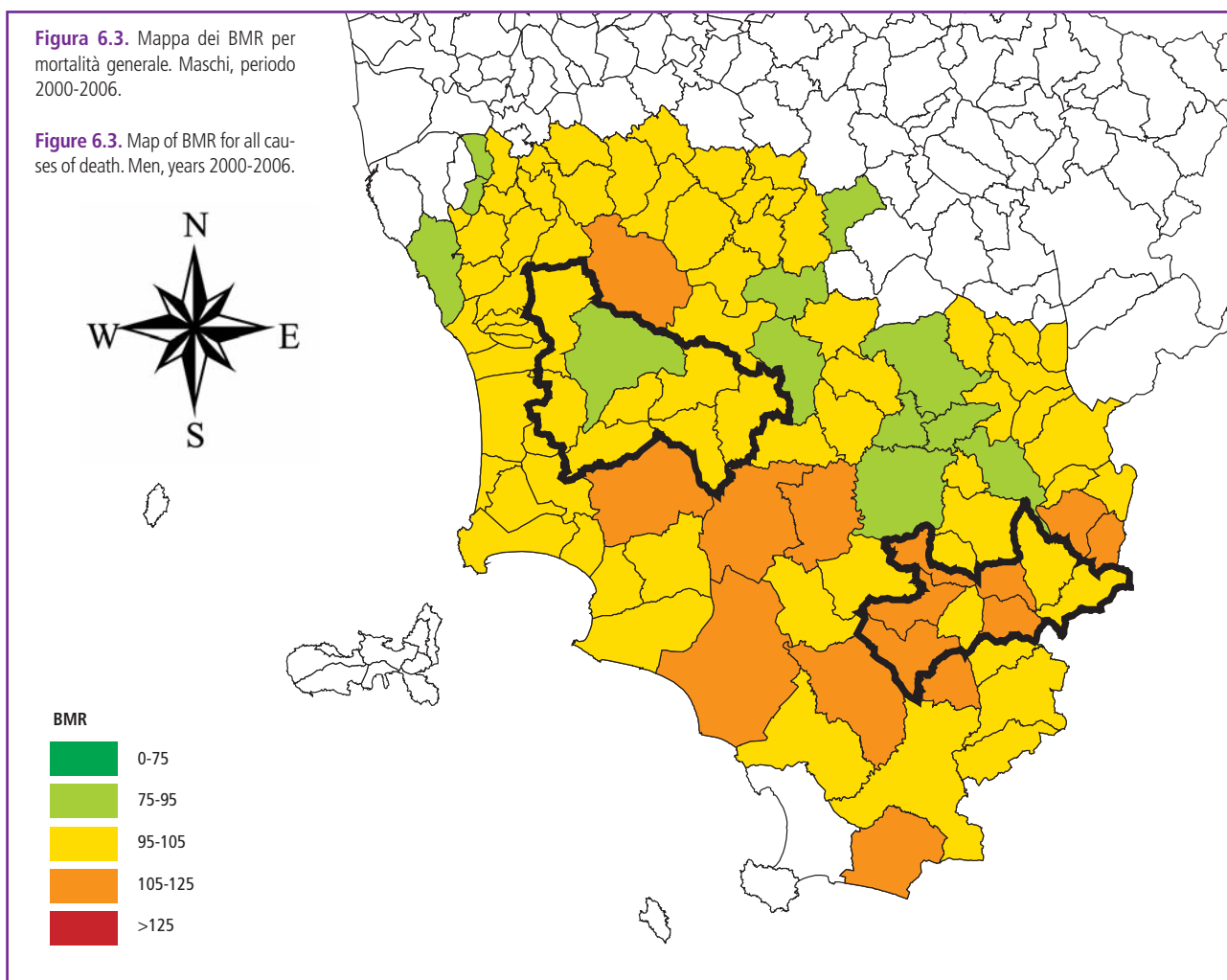
Figure 6.2. All causes mortality: age-standardized rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

ne produce solo un lieve incremento delle stime degli SMR. L'analisi per singoli comuni evidenzia eccessi significativi di mortalità generale, anche dopo aggiustamento per ID, solo nei maschi di alcuni comuni dell'area geotermica Sud, quali Abbadia San Salvatore (O 361; SMR 113; IC95% 102-125), Piancastagnaio (O 223; SMR 128; IC95% 111-145) e Castel del Piano (O 238; SMR 119; IC95% 104,1-134,8). Ad Arcidosso e Roccalbegna l'eccesso di mortalità tra i maschi non raggiunge la significatività statistica (Arcidosso: O 212; SMR 113; IC95% 98-129; Roccalbegna: O 91; SMR 118,2; IC95% 95-145). Tra le femmine, solo ad Arcidosso si rileva un eccesso di mortalità non significativo (O 245; SMR 109; IC95% 96-124). Nei comuni dell'area geotermica Nord, sia i maschi sia le femmine presentano livelli di mortalità generale in linea o inferiori a quelli dei comuni limitrofi di riferimento, con uno scostamento in difetto statisticamente significativo per le femmine residenti a Montieri (O 69; SMR 74; IC95% 58-94). Dalle analisi bayesiane emerge una variabilità della distri-

buzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiega il 92% della variabilità totale) data da una omogeneità dell'indicatore bayesiano su tutta l'area locale (figura 6.3, pag. 39). Il BMR è per la maggior parte dei comuni intorno a 100. I comuni in studio che hanno il BMR statisticamente significativo sono Castel del Piano (BMR 109) e Abbadia San Salvatore (BMR 108), confermando gli eccessi già evidenziati nell'analisi classica.

Malattie infettive e parassitarie (ICD-9: 001-139)

Nelle aree geotermiche, sia Nord sia Sud, si rilevano tassi di mortalità per malattie infettive in decremento dagli anni Settanta agli anni Novanta in entrambi i generi e in analogia al trend regionale. Nell'ultimo periodo 2000-2006, per i maschi residenti nelle aree geotermiche Nord e Sud si osserva un'inversione di tendenza dei tassi, mentre a livello regionale il decremento prosegue fino al 2006. Per le femmine si osserva un trend più omogeneo rispetto a quello regionale. Nel periodo 2000-2006 solo per i maschi si rilevano SMR



per malattie infettive significativamente elevati nell'area geotermica totale (+136%), nell'area Nord (+149%) e nell'area Sud (+126%). L'aggiustamento per ID comporta un modesto aumento delle stime. In tutte le aree geotermiche gli eccessi osservati per il totale dei maschi sono statisticamente significativi solo considerando i soggetti di età maggiore di 65 anni (area geotermica totale: O 23; SMR 259; IC95% 164-388; area Nord: O 10; SMR 268; IC95% 130-497; area Sud: O 13; SMR 253; IC95% 136-435).

Tra i singoli comuni si registrano eccessi significativi solo per i maschi residenti a Pomarance (O 5; SMR 318; IC95% 103-741). In nessun comune si rilevano eccessi per le femmine.

Dalle analisi bayesiane si evidenzia una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno strutturata ma non significativa. Il BMR mostra un *pattern* spaziale (figura 6.4, pag. 42). Da notare la presenza di un aggregato con eccessi di mortalità comprendente alcuni comuni della zona Sud ma nessuno di questi mostra BMR con significatività statistica.

Tubercolosi (ICD-9: 010-018)

A seguito di un trend in forte decrescita fino alla fine degli anni Novanta, nell'ultimo periodo la mortalità per tuber-

colosi tra i maschi, al contrario di quanto osservato a livello regionale, torna a crescere considerevolmente nell'area geotermica Sud, debolmente in quella Nord (figura 6.5, pag. 42). Tra le femmine il trend è più coerente con quello regionale in tutto il periodo (figura 6.6, pag. 43).

SMR elevati e statisticamente significativi, sebbene basati su poche osservazioni, si rilevano nell'area geotermica totale (+467%) e nell'area Sud (+765%) solo nei maschi, con l'indicatore che si riduce considerevolmente dopo aggiustamento per ID (+321% nell'area totale e +439% nell'area Sud).

Nei singoli comuni, la bassa numerosità determina stime poco precise.

Tutti i tumori (ICD-9: 140-239)

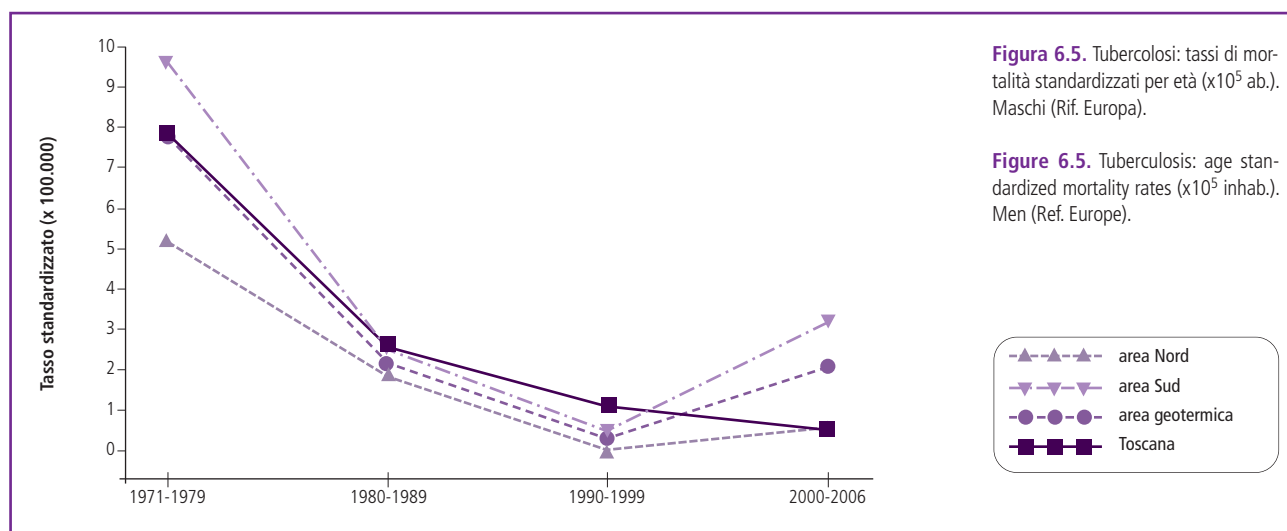
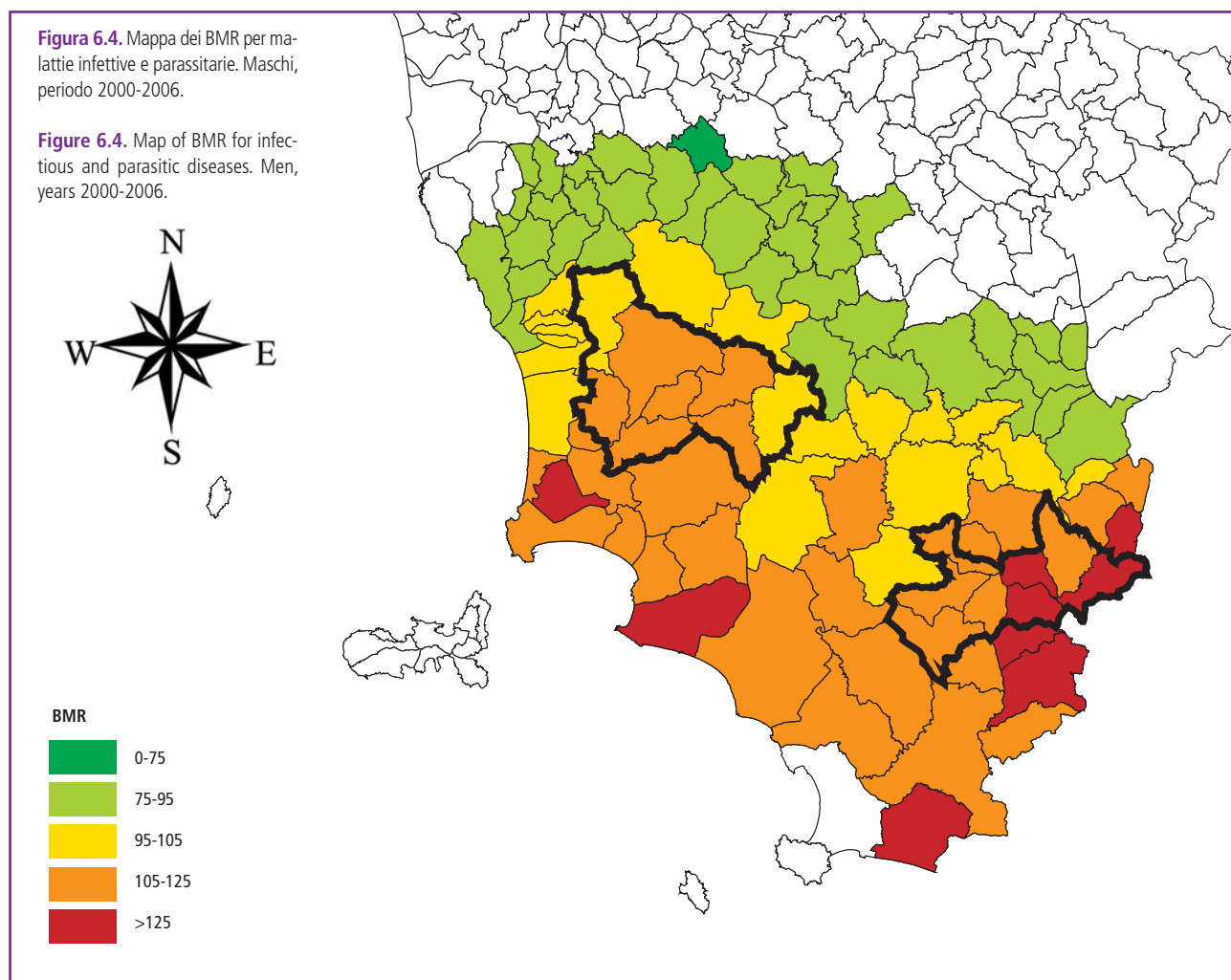
In tutte le aree geotermiche, così come a livello regionale, i tassi standardizzati di mortalità per tumori nei maschi incrementano tra il 1971 e il 1989, per poi diminuire fino al 1999 (figura 6.7, pag. 43). In questo arco temporale i tassi regionali sono sempre superiori a quelli delle aree geotermiche, mentre tra queste i tassi nell'area Sud sono sempre maggiori di quelli dell'area Nord. Nell'ultimo periodo, tra il 2000 e il 2006, i tassi diminuiscono sia a livello regionale sia nell'area geotermica Nord, mentre

Patologia	Codice ICD9	Area Nord					
		maschi			femmine		
		OSS	SMR% (IC95%)	SMR-ID% (IC95%)	OSS	SMR% (IC95%)	SMR-ID% (IC95%)
Tutte le cause	0-999	881	96 (90-103)	98 (91-105)	855	96 (90-102)	98 (92-105)
Malattie infettive e parassitarie	001-139	11	249 (125-446)	250 (125-447)	6	143 (52-311)	143 (52-311)
Tubercolosi	010-018		<3		0	0	0
Epatite Virale	70	0	0	0		<3	
Tutti i tumori	140-239	252	85 (75-96)	87 (76-98)	207	102 (89-117)	103 (90-118)
Tumori delle labbra, della cavità orale, della faringe	140-149	10	189 (91-348)	189 (90-347)		<3	
Tumori dell'esofago	150		<3		0	0	0
Tumori dello stomaco	151	28	100 (67-145)	101 (67-146)	18	93 (55-146)	92 (55-146)
Tumori del colon	153	27	87 (57-126)	89 (59-130)	32	126 (86-178)	128 (88-181)
Tumori del retto	154	6	72 (27-157)	71 (26-154)	7	106 (42-218)	100 (40-206)
Tumori del fegato, della colecisti e dei dotti biliari	155-156	16	88 (51-143)	93 (53-151)	13	95 (50-162)	94 (50-161)
Tumori del pancreas	157	16	116 (66-189)	114 (65-186)	17	125 (73-201)	129 (75-206)
Tumori della laringe	161	6	143 (52-311)	131 (48-286)		<3	
Tumori della trachea, dei bronchi e del polmone	162	55	75 (57-98)	78 (59-101)	8	52 (22-102)	52 (23-103)
Tumori della pleura	163	3	182 (38-531)	231 (48-674)		<3	
Tumori del connettivo e di altri tessuti molli	171	0	0	0	3	350 (72-1024)	375 (77-1096)
Melanoma della cute	172		<3		4	174 (47-445)	167 (45-427)
Tumori della mammella	174-175		<3		20	72 (44-112)	73 (45-113)
Tumori dell'utero	179-180,182				12	150 (78-263)	171 (89-299)
Tumori dell'ovaio e di altri annessi uterini	183				17	170 (99-272)	172 (100-275)
Tumori della prostata	185	21	74 (46-113)	75 (46-114)			
Tumori del testicolo	186		<3				
Tumori della vescica	188	9	63 (29-120)	65 (30-124)	4	110 (30-282)	100 (27-256)
Tumori del rene e di altri non specificati organi urinari	189	6	80 (29-175)	87 (32-189)	4	85 (23-218)	89 (24-228)
Tumori del sistema nervoso centrale	191-192,225,239.6	6	80 (30-175)	79 (29-172)	8	108 (47-213)	107 (46-210)
Tumori del tessuto linfoematopoietico	200-208	23	107 (68-161)	107 (68-161)	21	108 (67-164)	108 (67-165)
Linfomi non Hodgkin	200, 202	7	96 (39-198)	88 (35-180)	9	125 (57-237)	129 (59-244)
Malattia di Hodgkin	201		<3			<3	
Mieloma multiplo e neoplasie immunoproliferative	203	5	106 (34-248)	116 (38-271)	5	120 (39-281)	119 (39-278)
Leucemie	204-208	10	110 (53-202)	112 (54-207)	5	65 (21-152)	68 (22-158)
Leucemia Linfoide (acuta e cronica)	204		<3			<3	
Leucemia Mieloide (acuta e cronica)	205	7	210 (85-433)	206 (83-424)	3	89 (18-261)	88 (18-258)
Diabete mellito	250	21	110 (68-167)	109 (67-166)	23	85 (54-127)	86 (55-129)
Demenze	290,331.0-331.2	19	99 (59-154)	98 (59-154)	44	114 (83-153)	120 (87-161)
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	320-389	32	135 (92-191)	135 (93-191)	25	81 (53-120)	83 (54-122)
Morbo di Parkinson	332	9	144 (66-272)	134 (61-255)	4	60 (16-154)	62 (17-158)
Malattie del motoneurone	335,2		<3		0	0	0
Sclerosi Multipla	340	0	0	0	0	0	0
Epilessie	345	0	0	0		<3	
Neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate	357,9	0	0	0	0	0	0
Malattie del sistema circolatorio	390-459	363	99 (89-109)	101 (91-112)	427	97 (88-107)	100 (90-109)
Malattia ipertensiva	401-405	19	124 (75-194)	123 (74-193)	29	110 (73-157)	103 (69-148)
Infarto miocardico acuto della parete enterolaterale	410	50	93 (69-123)	98 (72-128)	36	89 (62-123)	92 (65-128)
Malattie ischemiche del cuore	410-414	125	102 (85-122)	107 (89-128)	83	77 (61-96)	82 (65-101)
Disturbi circolatori dell'encefalo	430-438	110	103 (85-124)	109 (89-131)	170	116 (99-135)	122 (104-142)
Malattie dell'apparato respiratorio	460-519	90	120 (97-148)	124 (99-152)	38	81 (57-111)	81 (57-111)
Malattie respiratorie acute	460-466,480-487	13	74 (39-126)	76 (40-130)	13	69 (37-118)	70 (37-119)
Polmonite	480-486	12	76 (40-133)	80 (41-139)	13	83 (44-143)	86 (46-146)
Malattie polmonari croniche ostruttive	490-496	43	115 (84-155)	116 (84-156)	18	97 (58-154)	95 (56-150)
Broncopneumopatie croniche ostruttive	491-492,494-496	42	116 (84-157)	117 (85-159)	15	90 (50-149)	88 (49-146)
Asma	493		<3		3	198 (41-580)	184 (37-537)
Pneumoconiosi	500-505	20	253 (154-390)	351 (214-542)	0	0	0
Malattie dell'apparato digerente	520-579	26	75 (49-110)	73 (48-107)	33	94 (64-132)	96 (66-135)
Malattia epatica cronica e cirrosi	571	9	69 (32-132)	69 (32-131)	12	125 (64-218)	126 (65-221)
Malattie del sistema genitourinario	580-629	16	107 (61-174)	103 (59-168)	20	134 (82-207)	141 (86-218)
Nefrosi	581-583	0	0	0	0	0	0
Insufficienza renale acuta e cronica	584-585	6	70 (26-152)	68 (25-147)	13	148 (79-253)	152 (81-259)
Malformazioni congenite	740-759	0	0	0		<3	
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	780-799	5	56 (18-131)	56 (18-131)	10	55 (26-101)	61 (29-111)
Traumatismi e avvelenamenti	800-999	46	109 (80-146)	115 (84-153)	25	97 (63-142)	103 (66-151)

Tabella 6.1. Rapporti standardizzati di mortalità (SMR) per ciascuna causa di morte o gruppo di cause, distinti per sesso ed area geotermica ed aggiustati per indice di deprivazione (SMR_ID). Periodo 2000-2006.

	Area Sud						Area totale					
	maschi			femmine			maschi			femmine		
	OSS	SMR% (IC95%)	SMR-ID% (IC95%)	OSS	SMR% (IC95%)	SMR-ID% (IC95%)	OSS	SMR% (IC95%)	SMR-ID% (IC95%)	OSS	SMR% (IC95%)	SMR-ID% (IC95%)
1.431	113 (107-119)	115 (109-121)	1.387	100 (95-106)	103 (97-108)	2.312	106 (102-110)	108 (103-112)	2.242	99 (95-103)	101 (97-105)	
14	226 (123-379)	241 (132-405)	6	92 (34-200)	100 (37-218)	25	236 (153-348)	245 (159-362)	12	118 (58-195)	118 (61-206)	
7	865 (347-1781)	539 (216-1109)		<3		8	567 (244-1117)	421(182-830)		<3		
0	0		0	0	0	0	0			<3		
505	119 (109-130)	121 (110-131)	316	100 (89-112)	101 (90-113)	757	105 (98-113)	107 (99-115)	523	101 (92-110)	102 (93-111)	
10	128 (62-236)	139 (67-255)		<3		20	153 (94-236)	160 (98-247)	4	75 (20-191)	77 (21-197)	
10	180 (86-331)	200 (96-368)	4	191 (52-490)	167 (45-427)	11	117 (58-209)	129 (65-232)	4	117 (32-298)	105 (29-270)	
53	133 (100-174)	122 (91-159)	37	122 (86-169)	110 (78-152)	81	119 (95-148)	114 (90-141)	55	111 (83-144)	104 (78-135)	
43	97 (70-131)	94 (68-126)	36	92 (64-127)	97 (68-134)	70	93 (72-117)	92 (72-116)	68	105 (82-133)	110 (85-139)	
17	145 (85-233)	138 (81-221)	11	107 (53-191)	134 (67-240)	23	115 (73-172)	111 (70-166)	18	106 (63-168)	118 (70-187)	
39	148 (105-203)	171 (122-234)	19	89 (54-140)	89 (54-139)	55	124 (93-161)	138 (104-179)	32	91 (63-129)	91 (62-129)	
22	110 (69-166)	107 (67-162)	19	90 (54-141)	88 (53-138)	38	112 (80-154)	110 (78-151)	36	104 (73-144)	104 (73-144)	
7	114 (46-234)	117 (47-240)		<3		13	126 (67-215)	123 (65-210)		<3		
124	116 (96-138)	121 (101-145)	30	124 (83-176)	134 (90-191)	179	99 (85-115)	104 (89-120)	38	96 (68-131)	101 (71-138)	
	<3		0	0	0	4	98 (27-252)	143 (39-366)		<3		
	<3			<3			<3		5	226 (73-528)	227 (74-530)	
3	75 (16-220)	77 (16-225)	3	84 (17-245)	71(15-209)	5	75 (24-175)	81 (26-188)	7	119 (48-245)	106 (43-219)	
	<3		36	83 (58-115)	84 (59-117)		<3		56	79 (59-102)	80 (60-104)	
			12	97 (50-169)	98 (51-172)				24	118 (75-175)	125 (80-186)	
			12	77 (40-134)	92 (47-160)				29	113 (76-162)	126 (84-181)	
46	119 (87-159)	113 (82-150)				67	100 (78-127)	97 (75-123)				
	<3						<3					
26	130 (85-191)	144 (94-212)	7	125 (50-258)	137 (55-283)	35	102 (71-142)	110 (77-153)	11	119 (60-213)	121 (60-216)	
10	93 (45-171)	104 (50-192)	9	124 (57-236)	117 (53-222)	16	88 (50-142)	97 (55-157)	13	109 (58-186)	107 (57-182)	
12	110 (57-192)	119 (61-208)	14	121 (66-203)	109 (60-184)	18	98 (58-155)	102 (60-161)	22	116 (73-176)	108 (68-164)	
30	97 (65-138)	101 (68-144)	31	102 (69-145)	102 (70-145)	53	101 (76-132)	104 (78-135)	52	104 (78-137)	105 (78-137)	
11	103 (51-184)	104 (52-186)	11	98 (49-175)	94 (47-168)	18	100 (59-158)	97 (57-153)	20	109 (66-168)	107 (65-165)	
0	0	0	0	0	0		<3			<3		
5	75 (24-174)	85 (28-198)	8	123 (53-243)	116 (50-228)	10	88 (42-161)	98 (47-180)	13	122 (65-209)	117 (62-200)	
14	107 (59-180)	108 (59-181)	12	101(52-176)	109 (56-191)	24	108 (69-161)	110 (70-163)	17	87 (51-139)	92 (54-148)	
	<3		6	163 (60-355)	167(61-363)	4	50 (14-127)	48 (13-123)	7	116 (46-238)	119 (48-244)	
7	144 (58-296)	140 (56-288)		<3		14	171 (93-287)	167 (91-280)	5	58 (19-138)	60 (20-141)	
24	89 (57-132)	91 (58-136)	40	95 (68-130)	95 (68-130)	45	98 (71-131)	99 (72-132)	63	91 (70-117)	92 (70-117)	
19	74 (45-116)	78 (47-122)	53	89 (67-117)	98 (74-129)	38	85 (60-116)	87 (62-120)	97	99 (80-121)	107 (87-131)	
40	121 (86-165)	125 (89-170)	46	97 (71-130)	109 (80-146)	72	127(99-160)	130 (101-163)	71	91 (71-115)	98 (77-124)	
12	141 (73-247)	125 (65-218)	7	69 (28-142)	69 (28-141)	21	142 (88-217)	129 (80-197)	11	66 (33-117)	66 (33-118)	
6	189 (69-411)	194 (71-421)	3	109 (23-319)	100 (21-292)	7	132 (53-272)	135 (54-277)	3	67 (14-194)	61 (13-179)	
0	0	0		<3		0	0	0		<3		
	<3		0	0	0		<3			<3		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
499	101 (92-110)	103 (94-113)	624	92 (85-99)	94 (87-102)	862	100 (94-107)	103 (96-110)	1051	94 (88-100)	96 (91-102)	
17	83 (48-133)	80 (46-128)	52	127 (95-167)	127 (95-166)	36	101 (70-139)	98 (69-136)	81	120 (95-149)	117 (93-146)	
73	97 (76-122)	104 (81-130)	54	86 (65-113)	94 (71-123)	123	95 (79-114)	101 (84-120)	90	87 (70-107)	93 (75-115)	
160	96 (81-112)	101 (86-118)	130	78 (65-93)	87 (73-104)	285	99 (87-111)	104 (92-116)	213	78 (68-89)	85 (74-97)	
131	92 (77-110)	94 (79-111)	184	82 (70-94)	84 (72-97)	241	97 (85-110)	100 (88-114)	354	95 (86-106)	99 (89-109)	
128	128 (107-152)	132 (110-157)	80	110 (87-137)	116 (92-145)	218	125 (109-142)	129 (112-147)	118	99 (82-118)	102 (84-122)	
29	127 (85-182)	117 (79-169)	41	141(101-191)	142 (102-193)	42	104 (75-140)	101 (72-136)	54	112 (85-147)	114 (85-148)	
25	122 (79-180)	112 (73-165)	29	121 (81-173)	120 (81-173)	37	102 (72-141)	99 (70-136)	42	106 (76-143)	107 (77-144)	
51	102 (76-134)	107 (79-140)	24	84 (54-125)	91 (58-136)	94	108 (87-132)	111 (89-135)	42	89 (64-121)	93 (67-125)	
50	103 (76-136)	108 (80-142)	20	78 (48-120)	87 (53-135)	92	108 (87-133)	112 (90-137)	35	83 (58-115)	88 (61-122)	
	<3			<3			<3		5	129 (42-300)	115 (37-269)	
31	294 (199-417)	388 (263-550)		<3		51	276 (206-363)	372 (277-489)		<3		
57	116 (88-151)	125 (95-162)	72	132 (103-166)	130 (102-164)	83	99 (79-123)	103 (82-127)	105	117 (96-142)	117 (96-142)	
27	140 (92-204)	151 (99-219)	23	153 (97-230)	153 (97-230)	36	112 (78-155)	117 (82-161)	35	142 (99-198)	143 (100-199)	
22	110 (69-167)	101(63-152)	23	99 (63-149)	101 (64-151)	38	109 (77-150)	102 (72-139)	43	113 (82-152)	116 (84-157)	
	<3		0	0	0		<3			0	0	
16	138 (79-224)	135 (77-220)	15	110 (62-182)	112 (63-185)	22	109 (68-165)	106 (67-161)	28	125 (83-181)	127(85-184)	
3	184 (38-538)	200 (41-584)	4	229 (62-586)	211 (57-539)	3	110 (23-321)	115 (24-337)	6	210 (77-458)	207 (76-450)	
22	196 (123-296)	190 (119-287)	56	198 (149-257)	197 (148-255)	27	134 (88-195)	132 (87-192)	66	142 (110-180)	147 (113-187)	
77	126 (100-158)	119 (94-149)	58	144 (109-186)	134 (101-173)	123	119 (99-143)	117 (98-140)	83	126 (100-156)	122 (98-152)	

Table 6.1. Standardized mortality ratios (SMR) for every cause of death or group of causes, differentiated by gender and geothermal area and adjusted for deprivation index (SMR_ID). Years 2000-20006.



nell'area geotermica Sud si assiste a un incremento in controtendenza, tanto da portare i valori dell'area geotermica Sud al di sopra di quelli della Regione. Per le femmine emerge un quadro più omogeneo, con una tendenza costante alla diminuzione e una convergenza dei valori dei tassi delle aree geotermiche e della Regione su li-

velli pressoché sovrapponibili nel 2000-2006 (figura 6.8, pag. 43). L'analisi degli SMR per i tumori di tutte le sedi evidenzia eccessi ai limiti della significatività statistica tra i maschi e tra le femmine dell'insieme delle aree geotermiche. Nell'area geotermica Sud è presente un eccesso statisticamente significativo nei maschi (+19%), ma non nelle fem-

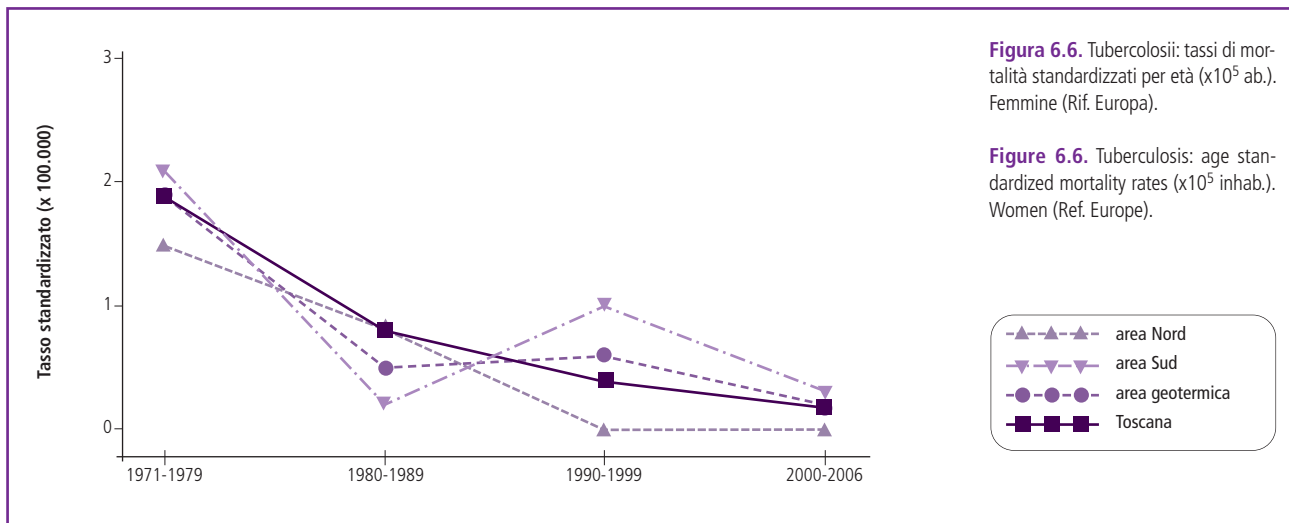


Figura 6.6. Tuberculosis: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.6. Tuberculosis: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

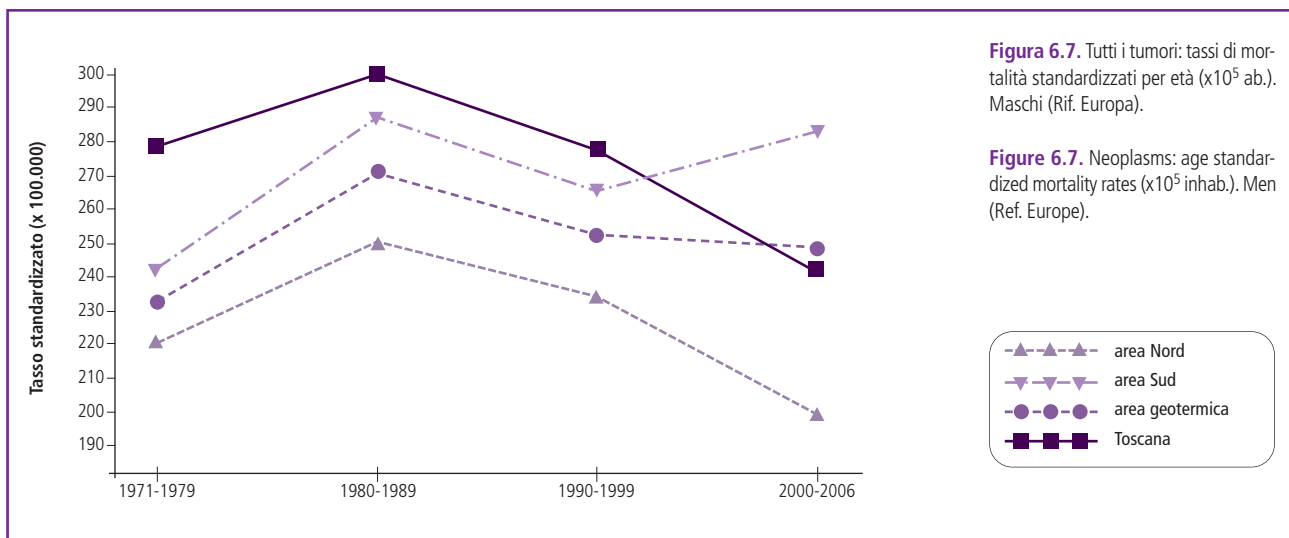


Figura 6.7. Tutti i tumori: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.7. Neoplasms: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Men (Ref. Europe).



Figura 6.8. Tutti i tumori: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.8. Neoplasms: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

mine, che non varia sostanzialmente dopo aggiustamento per ID. L'eccesso è significativo per i maschi ultra 65enni (O 425; SMR 119; IC95% 108-131) e ai limiti della significatività per quelli tra i 35 e i 64 anni (O 78; SMR 118;

IC95% 93-148). Non si rileva invece alcun eccesso nell'area geotermica Nord dove, al contrario, per i maschi si evidenziano SMR per tumori significativamente inferiori all'area di riferimento (-15%).

Tra i singoli comuni emergono SMR significativamente elevati, che rimangono tali anche dopo correzione per ID, solo per i maschi di Abbadia San Salvatore (O 144; SMR 134; IC95% 113-158), Piancastagnaio (O 79; SMR 131; IC95% 104-163) e Arcidosso (O 81; SMR 130; IC95% 103-162) nell'area geotermica Sud, mentre non si registrano SMR di particolare interesse per entrambi i generi dell'area geotermica Nord, a eccezione di uno scostamento statisticamente significativo in difetto rispetto all'atteso per i maschi residenti a Monterotondo Marittimo (O 12; SMR 54; IC95% 28-94).

Dalle analisi bayesiane condotte nella popolazione maschile si evidenzia una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiega il 90% della variabilità totale) data da una omogeneità dell'indicatore bayesiano su tutta l'area locale (figura 6.9).

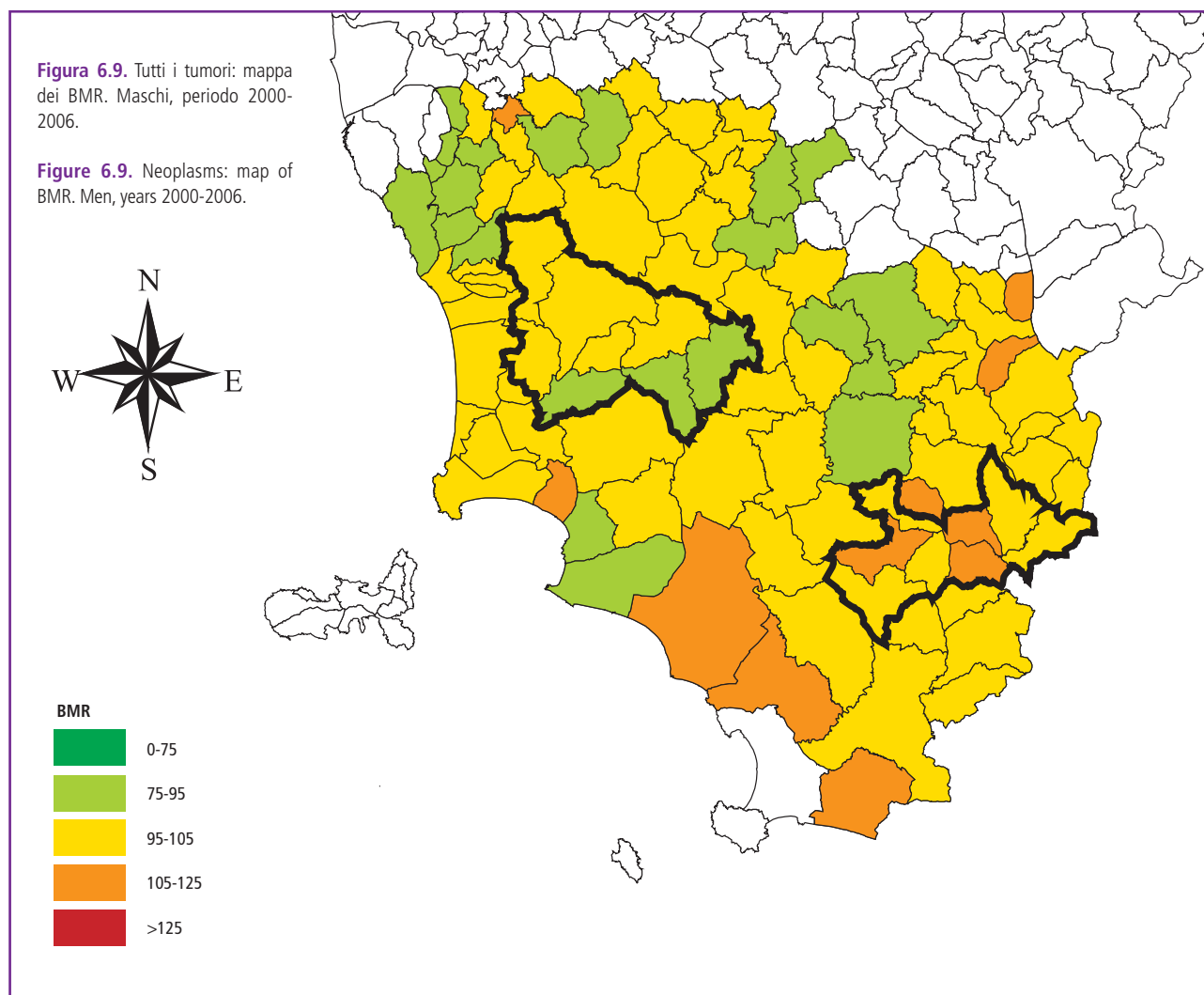
Il BMR è per la maggior parte dei comuni intorno a 100 ma si nota un aggregato di comuni della zona Sud con BMR più elevati. L'unico comune in studio con BMR statisticamente significativo è Abbadia San Salvatore (BMR 116), il che conferma l'eccesso già evidenziato con l'analisi classica.

Tumori maligni delle labbra, della cavità orale, della faringe (ICD-9: 140-149)

Nel periodo 1971-2006, i TSD di mortalità per tumore della bocca e della faringe tendono ad aumentare in entrambe le aree geotermiche, sia per i maschi sia per le femmine, mentre a livello regionale aumentano per le femmine ma diminuiscono per i maschi. Gli SMR dei tumori della bocca e della faringe risultano in eccesso non significativo per i maschi dell'area geotermica totale (+53%), di quella Nord (+89%) e di quella Sud (+28%), ma non per le femmine, tra le quali i pochi casi osservati tendono a essere inferiori all'atteso. La bassa numerosità degli eventi per questa causa non consente analisi affidabili degli SMR per singoli comuni di residenza.

Tumori maligni dell'esofago (ICD-9: 150)

Nel periodo 1971-2006 i TSD dei maschi sono in costante diminuzione a livello regionale e nelle aree geotermiche, anche se qui la bassa numerosità delle osservazioni determina trend più instabili. Nel periodo 2000-2006 gli SMR per tumore dell'esofago sono elevati in entrambi i generi, sebbene in misura non statisticamente significativa, nell'area geotermica Sud, ma non in quella Nord.



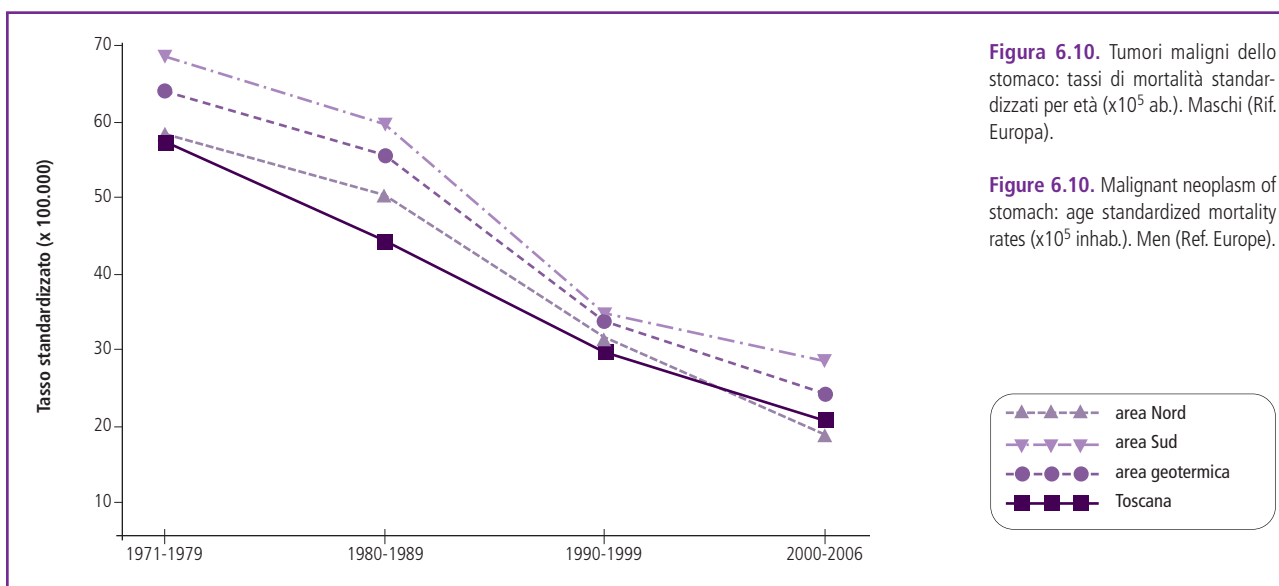


Figura 6.10. Tumori maligni dello stomaco: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.10. Malignant neoplasm of stomach: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Men (Ref. Europe).

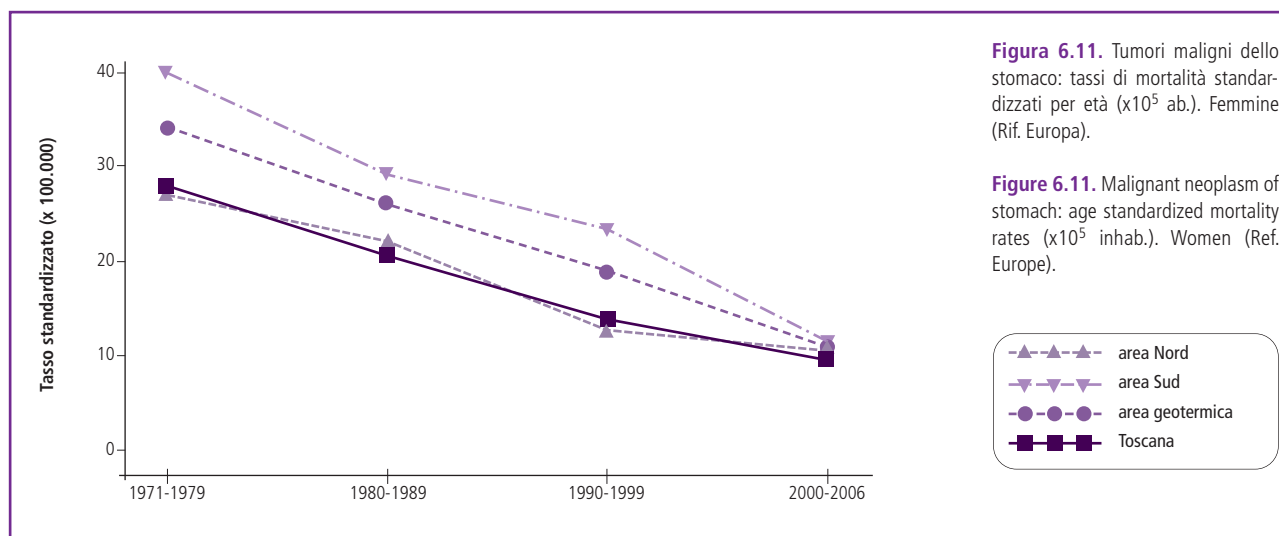


Figura 6.11. Tumori maligni dello stomaco: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.11. Malignant neoplasm of stomach: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

Tumori maligni dello stomaco (ICD-9: 151)

In linea con quanto osservato a livello nazionale e internazionale, la mortalità per tumore dello stomaco è in costante diminuzione nel periodo dal 1971 al 2006 sia tra i maschi (figura 6.10), sia tra le femmine (figura 6.11), con valori che nelle aree geotermiche rimangono superiori o simili ai livelli regionali.

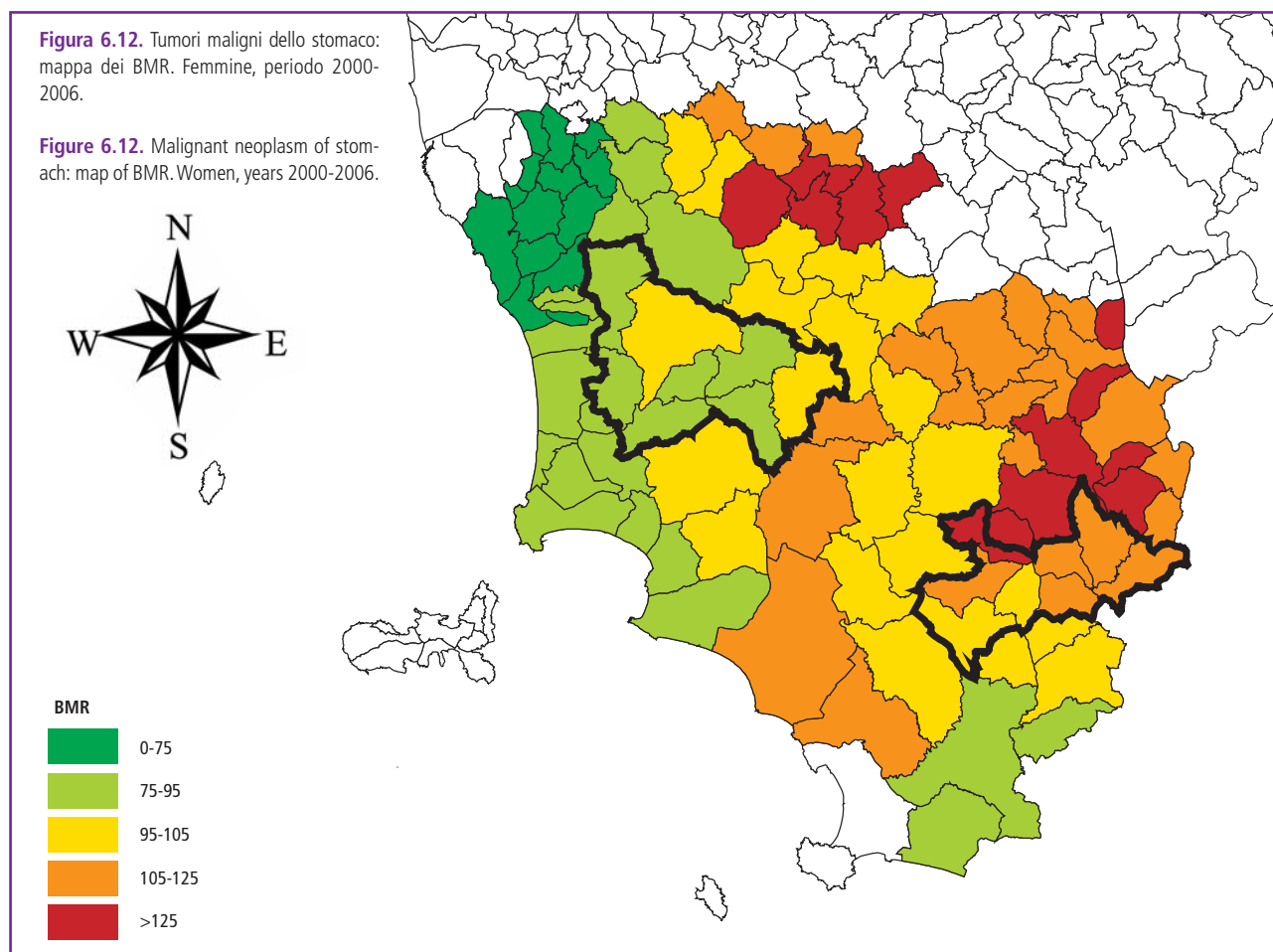
Nel periodo 2000-2006, nell'area geotermica Sud tra i maschi si rileva un eccesso significativo di mortalità per tumore dello stomaco (+33%) che diminuisce e perde la significatività statistica dopo aggiustamento per ID (+22%). L'eccesso tra i maschi è ai limiti della significatività solo nella classe di età degli ultra 65enni (O 46; SMR 134; IC95% 98-178). L'eccesso è visibile anche per le femmine, senza raggiungere la significatività statistica. Nell'area geotermica Nord, invece, non si rilevano eccessi, né per i maschi né per le femmine.

In tutti i comuni dell'area geotermica Sud, con l'eccezione di Roccalbegna, i tassi di mortalità per tumore dello sto-

maco osservati per i maschi sono superiori all'atteso, anche se a livelli non significativi, mentre per le femmine si osserva un eccesso di mortalità rispetto all'area circostante solo nel comune di Castel del Piano (O 12; SMR 229; IC95% 118-400), che si mantiene tale anche dopo aggiustamento per ID.

Dalle analisi bayesiane condotte nella popolazione femminile si evidenzia una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiega il 98% della variabilità totale) (figura 6.12, pag. 46). Si nota un pattern spaziale dell'indicatore bayesiano e in particolare degli aggregati comunali con eccessi di mortalità. Nessun comune in studio ha il BMR statisticamente significativo ma è da evidenziare un BMR elevato per Castel del Piano (BMR 128), a conferma di quanto emerso dall'analisi classica.

Diversamente, nei comuni dell'area geotermica Nord, con esclusione di Pomarance, si rileva un numero di decessi inferiore all'atteso, mentre tra le femmine si rilevano eccessi non significativi a Chiusdino e Pomarance.



Tumori maligni del colon (ICD-9: 153)

I TSD di mortalità per tumore del colon osservati nelle aree geotermiche per i maschi sono molto instabili e nell'ultimo periodo tendono ad allinearsi al livello regionale (figura 6.13, pag. 47). Per le femmine i TSD sono in diminuzione dagli anni Ottanta nella Regione Toscana e dagli anni Settanta nelle aree geotermiche, dove si osserva un incremento nell'ultimo periodo (figura 6.14, pag. 47).

L'analisi degli SMR nel periodo 2000-2006 mostra per l'area geotermica totale difetti nei maschi ed eccessi nelle femmine, ma mai significativi. Si osserva un eccesso non significativo di mortalità nell'area geotermica Nord limitatamente alle femmine (+26%), mentre nell'area geotermica Sud i valori osservati, seppure non significativi, sono inferiori a quelli attesi. Nei singoli comuni gli SMR non raggiungono mai la significatività statistica.

Tumori maligni del retto (ICD-9: 154)

Nell'area geotermica totale e nell'area Sud gli SMR per tumore del retto tra i maschi sono in eccesso non statisticamente significativo, mentre per le femmine il numero di casi osservati è sovrapponibile a quello degli attesi. Nell'area geotermica Nord la mortalità è in linea o anche inferiore a quella dei comuni circostanti non geotermici.

Tra i singoli comuni dell'area geotermica Sud si rileva un

eccesso di tumori del retto tra i maschi residenti ad Arcidosso (O 7; SMR 403; IC95% 162-831), confermato anche dopo standardizzazione per ID, mentre tra le femmine eccessi statisticamente significativi si riscontrano a San Casciano dei Bagni (O 4; SMR 599; IC95% 163-1535), che diminuiscono ma restano significativi dopo aggiustamento per ID.

Nessuno dei comuni dell'area geotermica Nord evidenzia situazioni di particolare significato per questa causa di decesso.

Tumori maligni del fegato e della colecisti e dei dotti biliari (ICD-9: 155-156)

I TSD di mortalità per tumore del fegato nei maschi sono tendenzialmente in crescita sia nelle aree geotermiche sia a livello regionale fino a tutti gli anni Novanta, mentre nell'ultimo periodo si registra una flessione nella Regione e nell'area geotermica Sud, che si colloca su un valore più alto di quello regionale.

Nell'area geotermica Nord il tasso, sebbene in costante crescita, in tutto il periodo 1971-2006 rimane sempre al di sotto del valore regionale (figura 6.15, pag. 47).

Nelle femmine il trend dei tassi di mortalità è invece in diminuzione in tutte le aree geotermiche e con valori perlopiù inferiori ai livelli regionali.

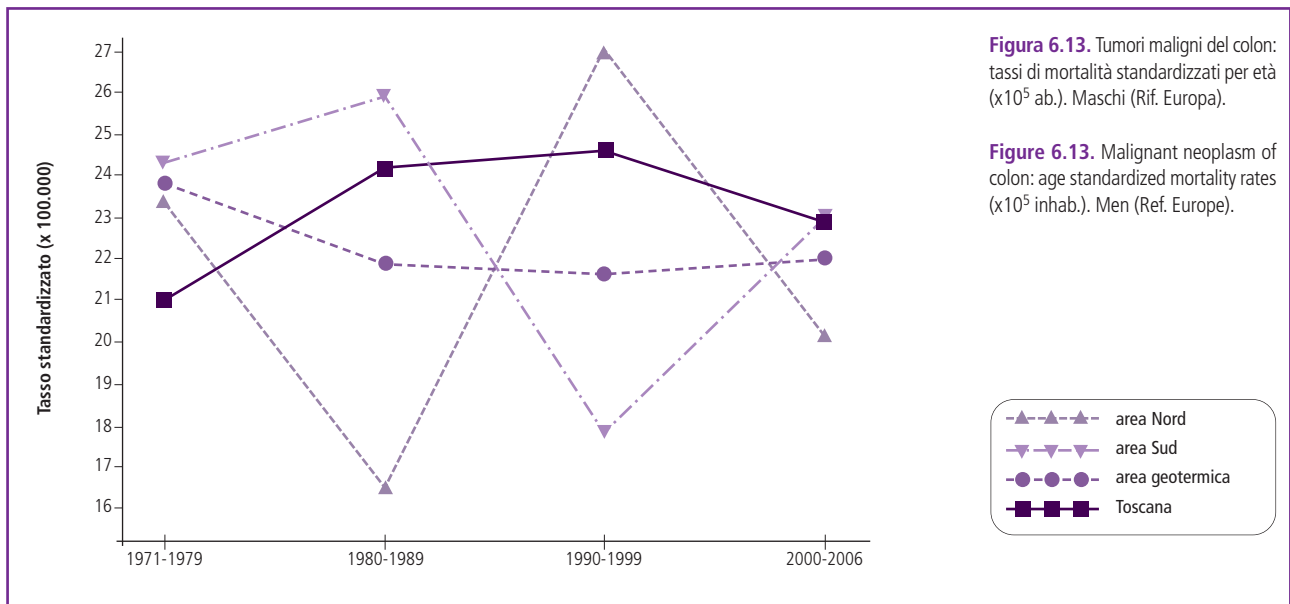


Figura 6.13. Tumori maligni del colon: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.13. Malignant neoplasm of colon: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Men (Ref. Europe).

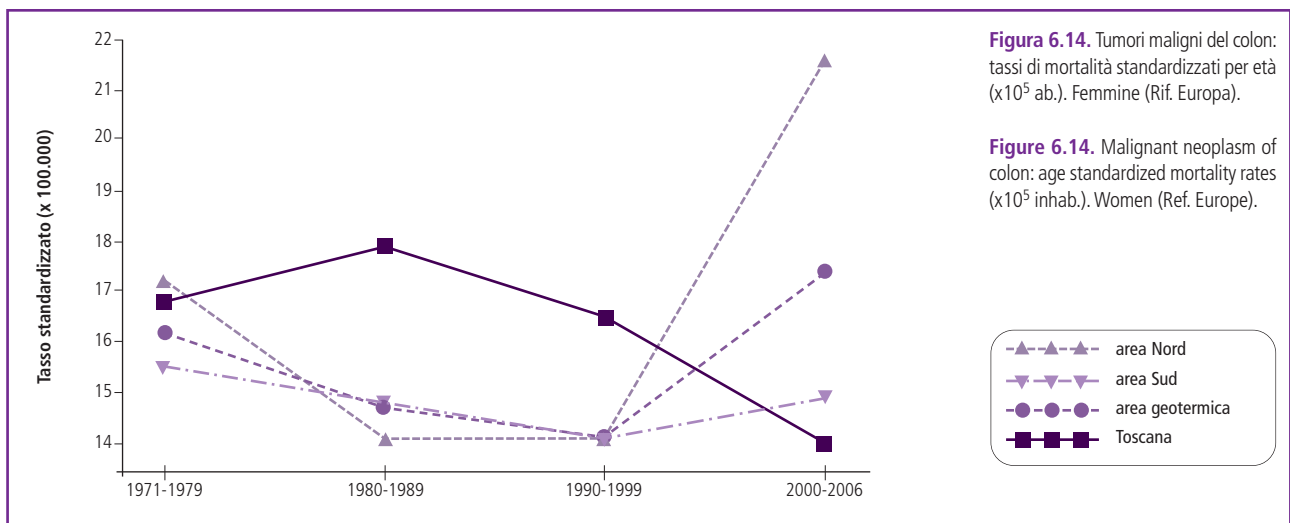


Figura 6.14. Tumori maligni del colon: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.14. Malignant neoplasm of colon: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Women (Ref. Europe).



Figura 6.15. Tumori maligni del fegato e della colecisti e dei dotti biliari: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.15. Malignant neoplasm of liver, gallbladder and bile ducts: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Men (Ref. Europe).

Nell'area geotermica totale si evidenziano eccessi nei maschi e difetti nelle femmine, mai significativi.

Nell'area geotermica Sud l'SMR per tumore del fegato nei maschi si registra un eccesso significativo rispetto al riferimento locale (+48%) che aumenta (+71%) dopo aggiustamento per ID. L'eccesso è ai limiti della significatività solo tra i maschi nella classe di età maggiore di 65 anni (O 33; SMR 145; IC95% 99-203).

Al contrario, nelle femmine dell'area geotermica Sud i decessi osservati sono inferiori all'atteso, anche se a livelli non significativi. Lo stesso è vero per entrambi i generi nell'area geotermica Nord.

Tra i singoli comuni dell'area geotermica Sud si rileva un eccesso significativo di mortalità per tumore del fegato solo tra i maschi residenti a Piancastagnaio (O 11; SMR 290; IC95% 145-519). Dalle analisi bayesiane condotte nella popolazione maschile si evidenzia una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno strutturata ma non significativa. Si nota un leggero andamento spaziale dell'indicatore bayesiano. Il BMR è per la maggior parte dei comuni al di sotto o intorno a 100. Un valore più elevato di BMR si nota per Piancastagnaio (BMR 116), ma nessun comune in studio ha il BMR statisticamente significativo (figura 6.16).

Tumori maligni del pancreas (ICD-9: 157)

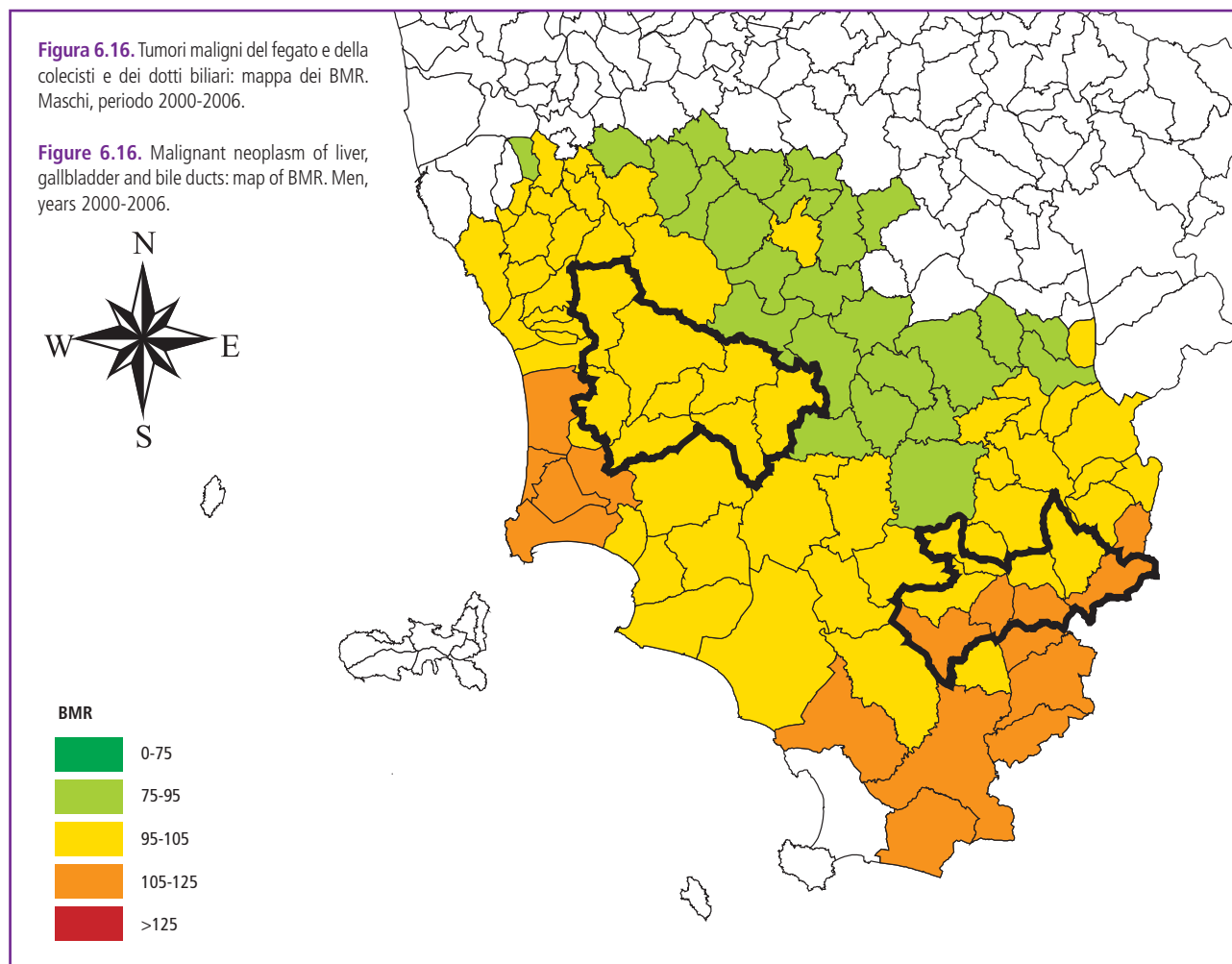
In entrambi i generi, nel periodo 1971-2006 i TSD di mortalità per tumore del pancreas risultano in aumento, sia nelle aree geotermiche sia a livello regionale.

Nell'ultimo periodo, 2000-2006, nell'area totale e nelle due aree considerate separatamente, in entrambi i generi, gli SMR sono superiori a 100, senza mai raggiungere la significatività statistica, a eccezione delle femmine nell'area Sud, dove gli osservati sono inferiori all'atteso, ma non in maniera significativa. La scarsa numerosità dei casi osservati non consente stime affidabili degli SMR per singoli comuni.

Tumori maligni della laringe (ICD-9: 161)

La mortalità per tumore della laringe nei maschi è in chiara diminuzione nel periodo 1971-2006 a livello regionale, mentre nelle aree geotermiche si rilevano andamenti più variabili, con una tendenza nell'ultimo periodo un allineamento sui valori regionali. La bassa numerosità dei casi tra le femmine non consente un'affidabile interpretazione degli andamenti nel tempo.

Le stime degli SMR per tumore della laringe, anche se mai statisticamente significative, evidenziano un eccesso di casi osservati nei maschi nell'area geotermica totale, nell'area Nord e nella Sud.



Tumori maligni della trachea, dei bronchi e del polmone (ICD-9: 162)

I TSD di mortalità per tumore delle basse vie dell'apparato respiratorio a livello regionale sono in diminuzione negli uomini e in aumento nelle donne.

Nell'area geotermica Sud sono in aumento sia nei maschi sia nelle femmine, mentre nell'area geotermica Nord diminuiscono nei maschi a iniziare dagli anni Novanta, mentre sono fluttuanti nelle femmine (figure 6.17 e 6.18).

Nel 2000-2006 nell'area geotermica totale si osservano, in entrambi i generi, valori sostanzialmente in linea con il riferimento locale.

Nell'area geotermica Sud gli SMR per tumori respiratori sono più elevati in entrambi i generi, anche se raggiungono la significatività statistica solo nei maschi dopo aggiustamento per ID (+21%). L'eccesso nei maschi, ai limiti della significatività, è evidente solo nella classe

d'età maggiore di 65 anni (O 106; SMR 120; IC95% 98-145).

Al contrario, nell'area geotermica Nord, i valori sono inferiori rispetto al riferimento locale sia nei maschi sia nelle femmine, e nei maschi si arriva anche a un difetto statisticamente significativo (-25%).

Tra i singoli comuni dell'area geotermica Sud si rileva un eccesso statisticamente significativo ad Arcidosso, sia nei maschi (O 25; SMR 159; IC95% 103-235), sia nelle femmine (O 10; SMR 261; IC95% 125-480). Entrambi questi eccessi aumentano e si mantengono significativi dopo aggiustamento per ID.

Tra i comuni dell'area geotermica Nord prevalgono valori osservati inferiori all'atteso, senza raggiungere mai la significatività statistica, a eccezione di un difetto significativo nei maschi a Monterotondo Marittimo (O 1; SMR 18; IC95% 0,4-98).

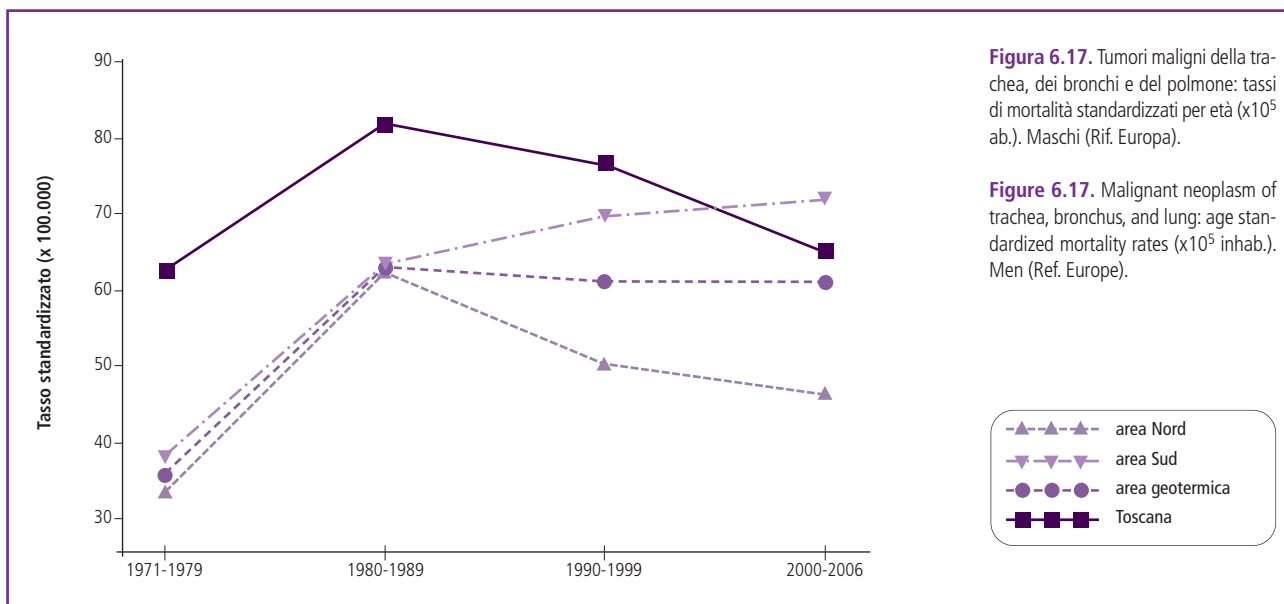


Figura 6.17. Tumori maligni della trachea, dei bronchi e del polmone: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.17. Malignant neoplasm of trachea, bronchus, and lung: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Men (Ref. Europe).

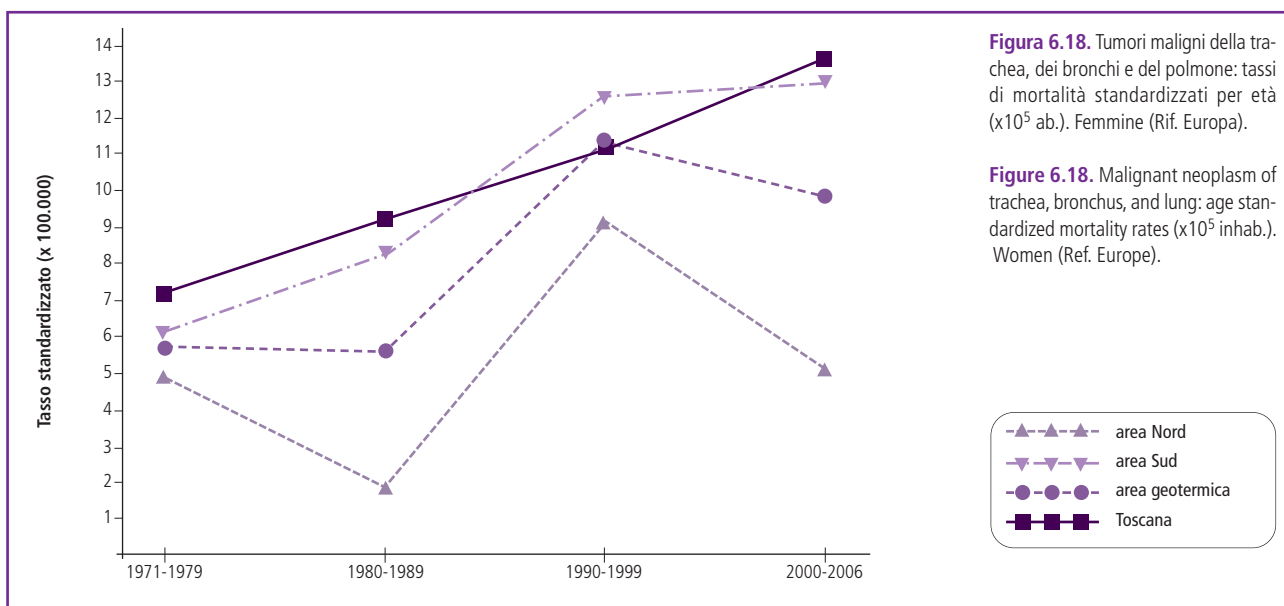


Figura 6.18. Tumori maligni della trachea, dei bronchi e del polmone: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.18. Malignant neoplasm of trachea, bronchus, and lung: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

Tumori maligni della pleura (ICD-9: 163)

A livello regionale, la mortalità per tumore della pleura è in aumento nei maschi e stabile nelle femmine. La bassa numerosità nelle aree geotermiche determina andamenti molto più instabili e difficili da interpretare, soprattutto nella popolazione femminile.

Sebbene i pochi decessi osservati nel periodo 2000-2006 determinano stime di SMR poco precise, si segnala, tra i maschi dell'area totale e dell'area Nord, un netto aumento delle stime in seguito a standardizzazione per ID, che comunque non raggiungono mai la significatività statistica. La bassa numerosità dei casi non consente stime a livello comunale.

Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (ICD-9: 171)

A livello regionale, la mortalità per tumore del connettivo e di altri tessuti molli è in aumento in entrambi i generi. Nonostante la bassa numerosità dei casi, tale andamento è riscontrabile anche nelle aree geotermiche.

L'analisi degli SMR, seppure influenzata dalla bassa numerosità dei casi, mostra eccessi non significativi tra le femmine dell'area totale e dell'area Nord.

La bassa numerosità dei casi non consente stime a livello comunale.

Melanoma maligno della cute (ICD-9: 172)

Nel periodo 1971-2006 i TSD di mortalità per melanoma della cute sono in aumento in Toscana, in entrambi i generi. Lo stesso andamento è riscontrabile nelle aree geotermiche.

Nell'area geotermica totale si evidenziano eccessi tra le femmine e difetti tra i maschi, senza mai raggiungere la significatività statistica. Nell'area Sud i difetti, sebbene mai significativi, si riscontrano in entrambi i generi. Nelle femmine dell'area Nord si osserva un numero di casi superio-

re all'atteso. Le stime non subiscono variazioni in seguito ad aggiustamento per ID.

La bassa numerosità dei casi non consente stime a livello comunale.

Tumori maligni della mammella (ICD-9: 174-175)

I TSD di mortalità per tumore della mammella femminile sono in diminuzione fin dagli anni Ottanta in Toscana e nell'area geotermica Nord, dove i tassi si mantengono al di sotto di quelli regionali. Nell'area geotermica Sud si assiste a un aumento nell'ultimo periodo, che porta il valore a un livello di poco superiore di quello regionale (figura 6.19).

Sebbene non significativi, gli SMR per tumore della mammella nelle aree geotermiche sono sempre inferiori al riferimento locale. Tra i singoli comuni non si rilevano valori statisticamente significativi, in eccesso o in difetto.

Tumori maligni dell'utero (ICD-9: 179-180,182)

La mortalità per tumore dell'utero è in diminuzione sia in Toscana sia nell'area geotermica Sud, in aumento nell'ultimo periodo nell'area geotermica Nord (figura 6.20, pag. 51). Nell'ultimo periodo si osserva un SMR in eccesso non significativo nell'area geotermica Nord, e il contrario in quella Sud. Tra i singoli comuni non si rilevano scostamenti statisticamente significativi in eccesso o in difetto.

Tumori maligni dell'ovaio e di altri annessi uterini (ICD-9: 183)

In Toscana la mortalità per tumore dell'ovaio è in modesta crescita, mentre nelle aree geotermiche l'andamento è più variabile.

Il valore dell'SMR nel periodo 2000-2006 è in eccesso nell'area geotermica Nord, al limite della significatività statistica, e il contrario in quella Sud.

Tra i singoli comuni non si registrano valori significativi.



Figura 6.19. Tumori maligni della mammella: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.19. Malignant neoplasm of breast: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Women (Ref. Europe).

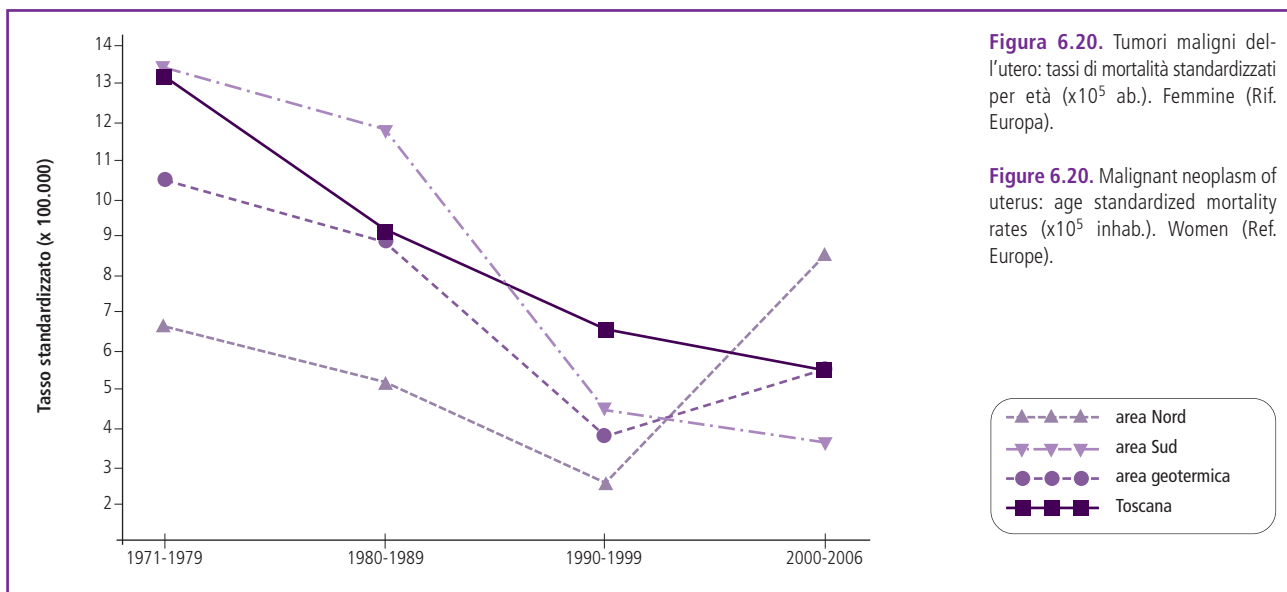


Figura 6.20. Tumori maligni dell'utero: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.20. Malignant neoplasm of uterus: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Women (Ref. Europe).

Tumori maligni della prostata (ICD-9: 185)

Nel periodo 1971-2006 la mortalità per tumore della prostata è in diminuzione in Regione e nell'area geotermica Nord, mentre è in crescita nell'area geotermica Sud. L'analisi degli SMR evidenzia un eccesso nell'area geotermica Sud e un difetto in quella Nord, anche se in entrambi i casi gli scostamenti non sono statisticamente significativi. L'analisi per singolo comune non mostra risultati significativi.

Tumori maligni della vescica (ICD-9: 188)

La mortalità per tumore della vescica nei maschi, dopo un incremento fino agli anni Ottanta in Regione e fino agli anni Novanta nelle aree geotermiche, è in netta diminuzione. Nell'area geotermica Nord i tassi sono sempre al di sotto di quelli regionali, mentre in quella Sud sono superiori nell'ultimo periodo (figura 6.21). Nelle femmine, a fronte di un trend regionale in lieve diminuzione, si assi-

ste a un aumento sia nell'area geotermica Sud sia in quella Nord, che assumono valori superiori a quelli regionali dagli anni Novanta (figura 6.22, pag. 52).

Nell'ultimo periodo, in entrambi i generi dell'area geotermica totale e in quella Sud, e nelle femmine di quella Nord, gli SMR sono elevati, mentre sono più bassi nei maschi dell'area geotermica Nord. In nessun caso, comunque, si raggiungono livelli di significatività statistica.

Tra i singoli comuni, solo per i maschi residenti a Santa Fiora (area geotermica Sud) emerge un eccesso significativo nel periodo 2000-2006 (O 7; SMR 269; IC95% 108-555), che aumenta e resta significativo dopo aggiustamento per ID.

Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (ICD-9: 189)

La mortalità per tumore del rene è nel tempo in moderato aumento in Regione, mentre nelle aree geotermiche l'andamento è più variabile.

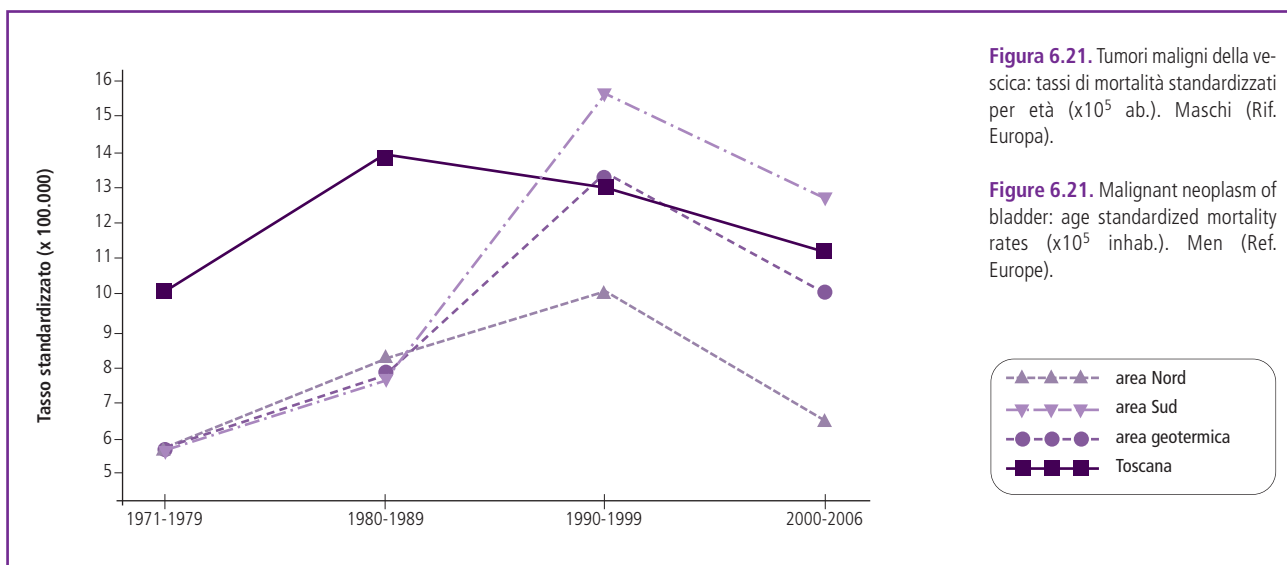


Figura 6.21. Tumori maligni della vescica: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.21. Malignant neoplasm of bladder: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Men (Ref. Europe).

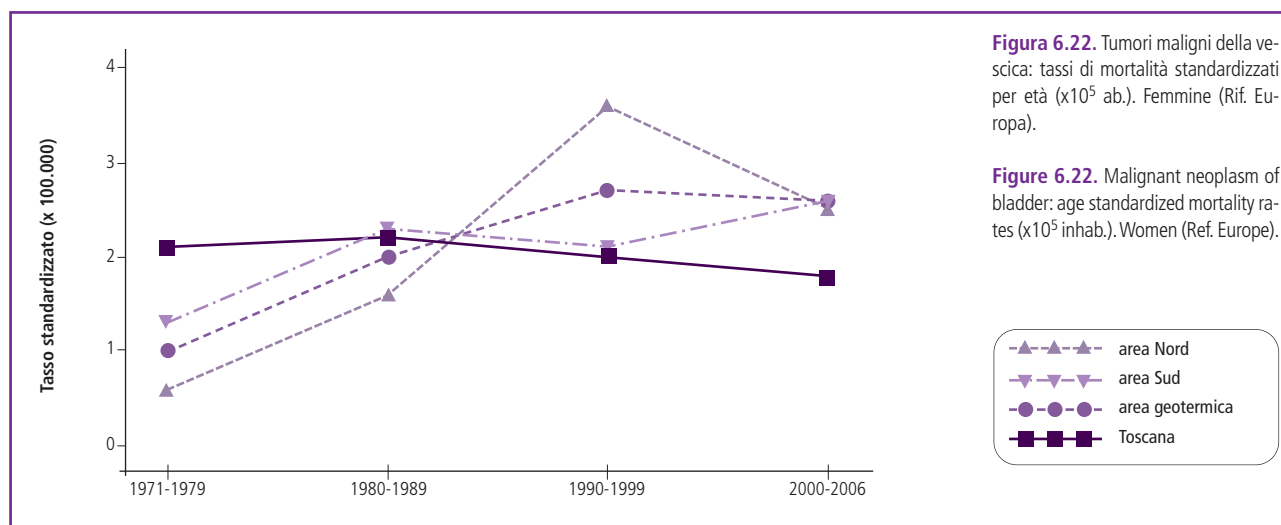
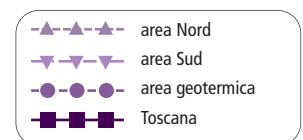


Figura 6.22. Tumori maligni della vescica: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.22. Malignant neoplasm of bladder: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Women (Ref. Europe).



Nel periodo 2000-2006 gli SMR sono inferiori a 100 in entrambi i generi, a eccezione delle femmine dell'area geotermica totale e in quella Sud, per le quali si osservano eccessi non significativi.

Nei singoli comuni non si osservano SMR in eccesso o in difetto di particolare rilievo.

Tumori del sistema nervoso centrale (ICD-9: 191,192,225, 239.6)

Nel periodo 1971-2006 la mortalità per tumori del sistema nervoso centrale in Toscana è stazionaria nei maschi e in lieve incremento nelle femmine. I tassi nelle aree geotermiche sono piuttosto variabili nel tempo a causa della bassa numerosità dei decessi. Nell'ultimo periodo, nell'area geotermica Nord, e specialmente in quella Sud, si osserva un aumento della mortalità per le femmine, mentre nei maschi è in aumento nell'area geotermica Sud e in diminuzione in quella Nord (figura 6.23, in basso, e 6.24, a pag. 53).

Gli SMR del periodo 2000-2006 mostrano valori prossimi a 100, anche se si rileva un eccesso del 21% non signifi-

cativo nelle femmine dell'area geotermica Sud e uno in difetto nei maschi dell'area Nord.

Nei singoli comuni non si osservano SMR significativi.

Tumore del tessuto linfoematopoietico (ICD-9: 200-208)

A livello regionale la mortalità per questo gruppo di tumori, sia nei maschi sia nelle femmine, risulta in leggero aumento nel periodo 1971-1999, a cui segue una riduzione nell'ultimo periodo (figura 6.25 e 6.26, pag. 53). Nell'area geotermica Sud i tassi osservati per i maschi sono simili a quelli regionali mentre nell'area Nord è visibile un aumento nell'ultimo periodo; nelle femmine la tendenza all'aumento è più pronunciata, in particolare nell'area Nord.

L'analisi degli SMR 2000-2006 nell'area totale e nelle due aree geotermiche non evidenzia scostamenti significativi della mortalità per tumore del tessuto linfoematopoietico, né per i maschi né per le femmine.

Tra i singoli comuni dell'area geotermica Nord, solo per i maschi di Pomarance si rileva un eccesso di mortalità significativo (O 14; SMR 183; IC95% 100-307), che resta

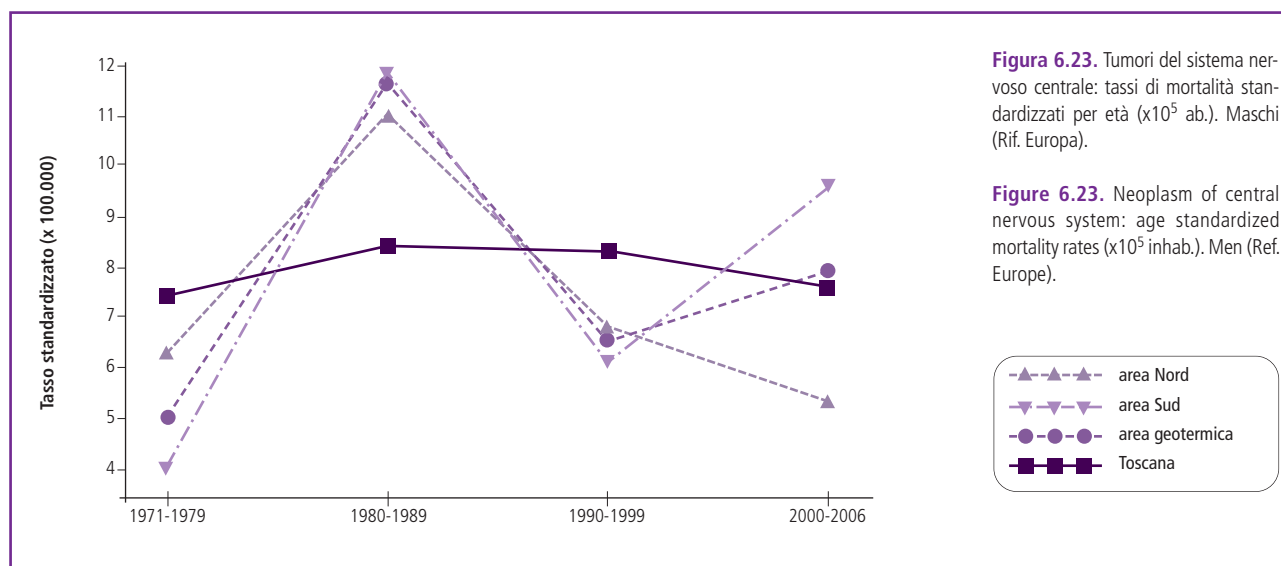
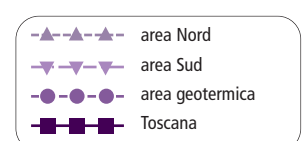


Figura 6.23. Tumori del sistema nervoso centrale: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.23. Neoplasm of central nervous system: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Men (Ref. Europe).



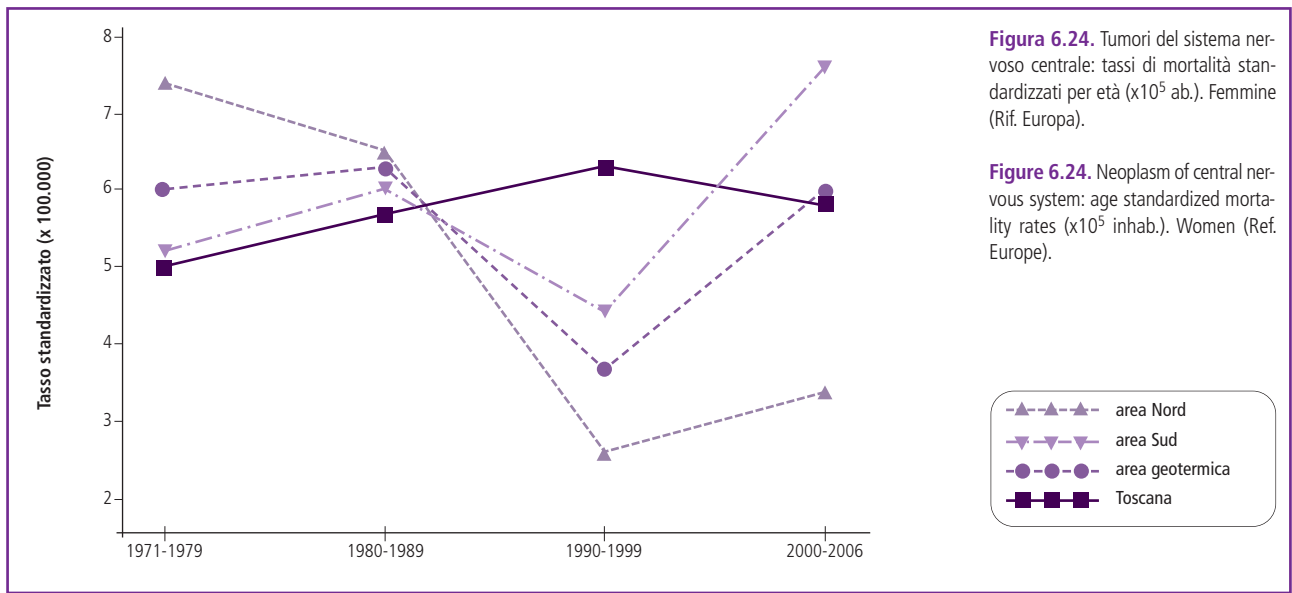


Figura 6.24. Tumori del sistema nervoso centrale: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.24. Neoplasm of central nervous system: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Women (Ref. Europe).

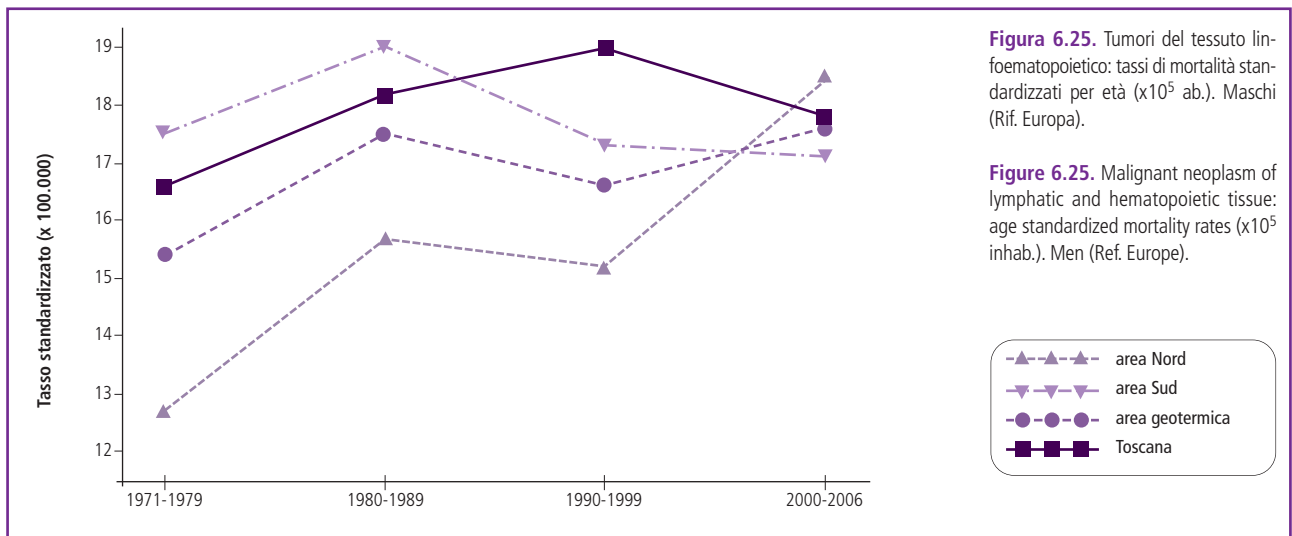
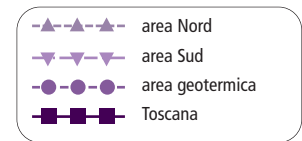


Figura 6.25. Tumori del tessuto linfoematopoietico: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.25. Malignant neoplasm of lymphatic and hematopoietic tissue: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Men (Ref. Europe).

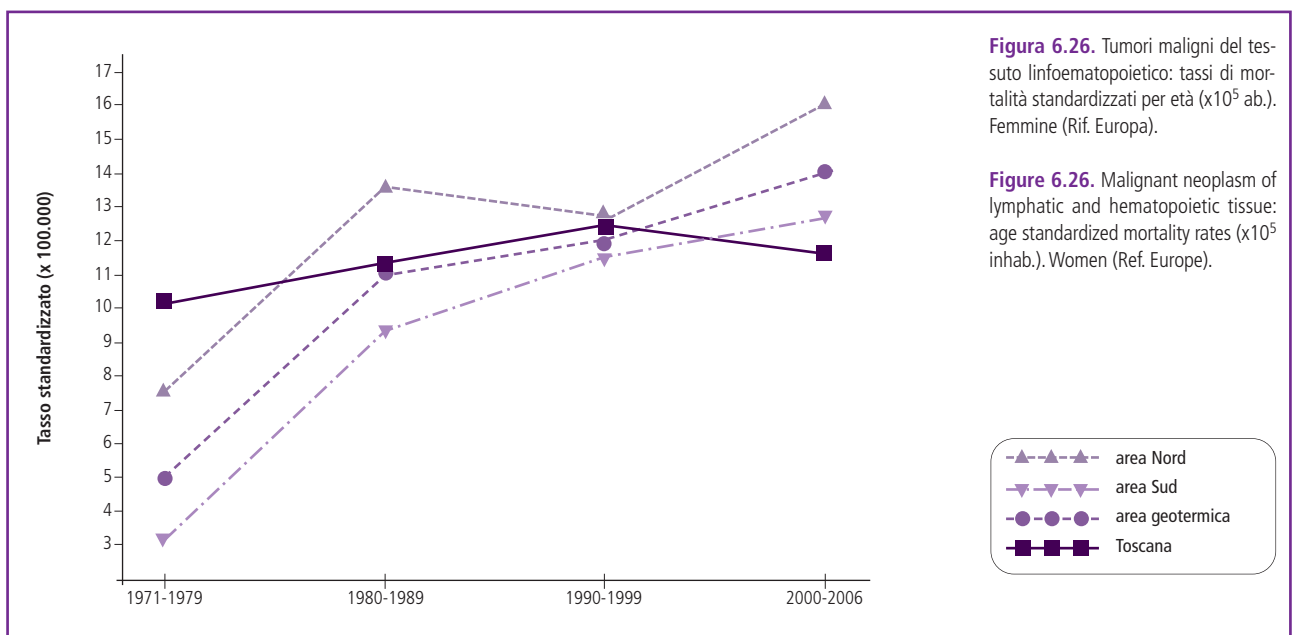
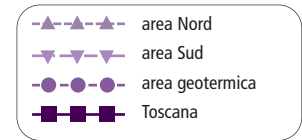
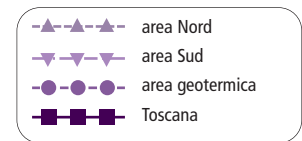


Figura 6.26. Tumori maligni del tessuto linfoematopoietico: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.26. Malignant neoplasm of lymphatic and hematopoietic tissue: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Women (Ref. Europe).



ai limiti della significatività statistica dopo aggiustamento per ID (SMR-ID 179; IC95% 98-300). Nei comuni dell'area geotermica Sud non si osservano situazioni di particolare rilievo.

Linfomi non Hodgkin (ICD-9: 200,202)

Nei maschi la mortalità per linfomi non Hodgkin è in aumento nel periodo 1971-2006 in tutte le aree geotermiche e in Toscana, con valori nelle due zone geotermiche che si mantengono sempre al di sotto del livello regionale (figura 6.27). Anche nelle femmine l'andamento è crescente, con i tassi che si assestano su valori superiori a quelli regionali (figura 6.28).

Nel periodo 2000-2006 nell'area totale e nelle due aree geotermiche non si rilevano livelli di mortalità significativamente diversi da quelli dei comuni di riferimento, anche se gli SMR relativi alle femmine sono visibilmente più elevati. La bassa numerosità dei casi determina per i singoli comuni stime poco precise.

Mieloma multiplo e neoplasie immunoproliferative (ICD-9: 203)

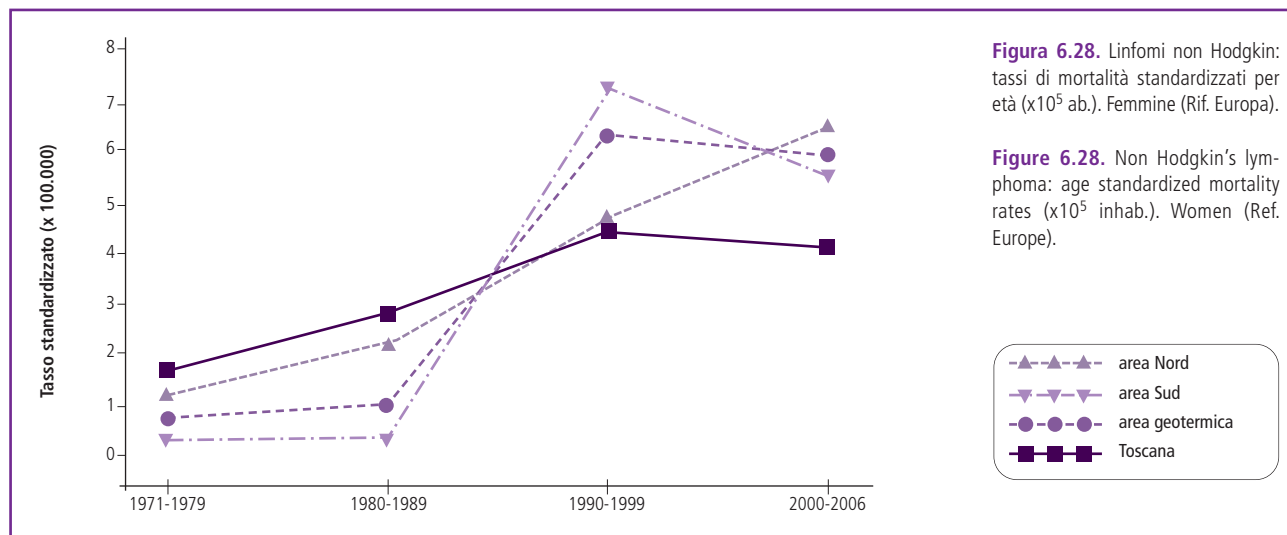
Il trend della mortalità per mieloma multiplo nel periodo 1971-2006 è in tendenziale incremento in entrambi i generi, sia a livello regionale sia nelle aree geotermiche.

Non si evidenziano significativi eccessi o difetti di mortalità rispetto ai comuni non geotermici circostanti, con valori degli SMR comunque tendenzialmente più elevati nelle femmine rispetto ai maschi.

Tra i singoli comuni, solo nelle femmine di Piancastagnio si rileva un eccesso di mortalità statisticamente significativo (O 4; SMR 450; IC95% 122-1151), che rimane pressoché inalterato dopo correzione per ID.

Leucemie (ICD-9: 204-208)

In entrambi i sessi i TSD di mortalità per leucemia sono sostanzialmente stabili nel periodo 1971-2006 sia nelle aree geotermiche sia in Toscana (figure 6.29 e 6.30, pag. 55). Nonostante le fluttuazioni nei vari periodi, i tassi tendono



a essere allineati o di poco inferiori a quelli regionali nell'area Sud e superiori nell'area Nord.

Nel periodo 2000-2006 il numero di decessi osservati per leucemie nelle aree geotermiche non è significativamente diverso da quello atteso sulla base della mortalità nei comuni limitrofi utilizzati come riferimento.

L'analisi per comune è non sostenibile per la scarsa numerosità delle osservazioni.

Leucemia linfoide (acuta e cronica) (ICD-9: 204)

La mortalità per leucemia linfoide risulta stabile a livello regionale nel periodo 1971-2006, sia per i maschi sia per le femmine, mentre nelle aree geotermiche i trend sono instabili a causa della bassa numerosità delle osservazioni.

Gli SMR non evidenziano differenze significative rispetto all'area di riferimento locale.

Leucemia mieloide (acuta e cronica) (ICD-9: 205)

In entrambi i generi i tassi standardizzati di leucemia mie-

loide mostrano in Regione una situazione di sostanziale stabilità negli anni, con andamenti analoghi nelle aree geotermiche, a parte una modesta tendenza all'aumento nei maschi.

Sebbene non si raggiunga mai la significatività statistica, in entrambe le aree geotermiche gli SMR 2000-2006 per leucemia mieloide nei maschi sono elevati mentre nelle femmine sono bassi.

Nei singoli comuni non si evidenziano significativi eccessi o difetti di mortalità rispetto ai comuni dell'area di riferimento.

Diabete mellito – Altri disturbi endocrini (ICD-9: 250)

L'andamento temporale della mortalità per diabete nel periodo 1971-2006 è simile in Regione e nelle aree geotermiche, con un trend piuttosto stabile per i maschi e in sensibile diminuzione per le femmine (figure 6.31 e 6.32, pag. 56). L'area Sud mostra valori tendenzialmente inferiori ai

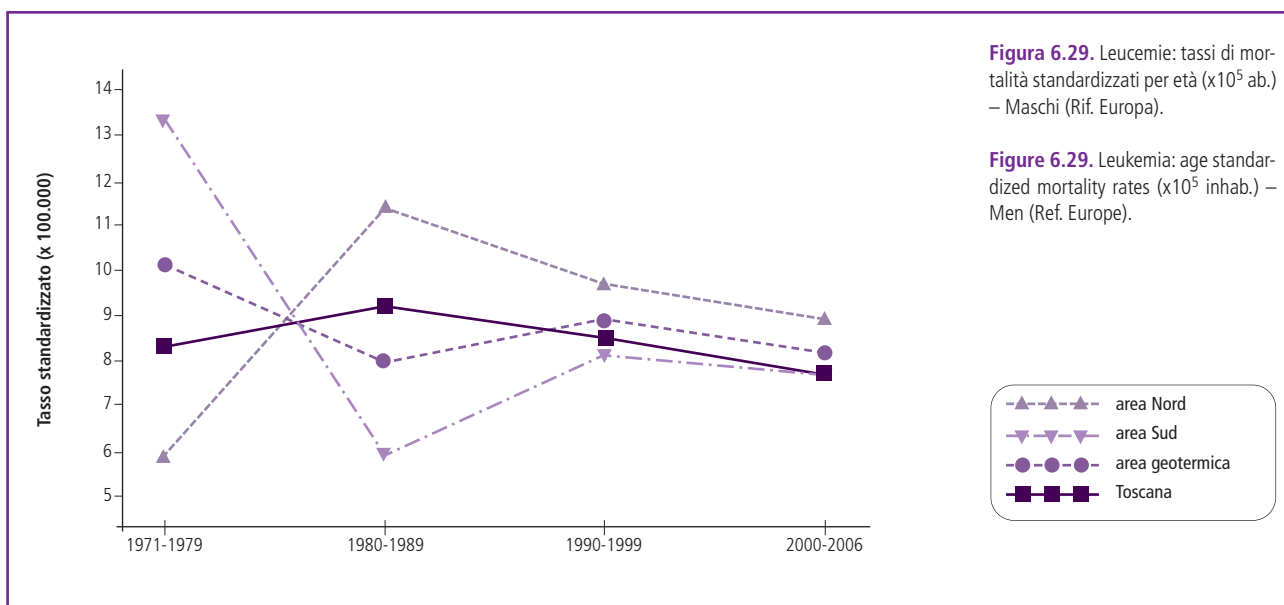


Figura 6.29. Leucemie: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.) – Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.29. Leukemia: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.) – Men (Ref. Europe).

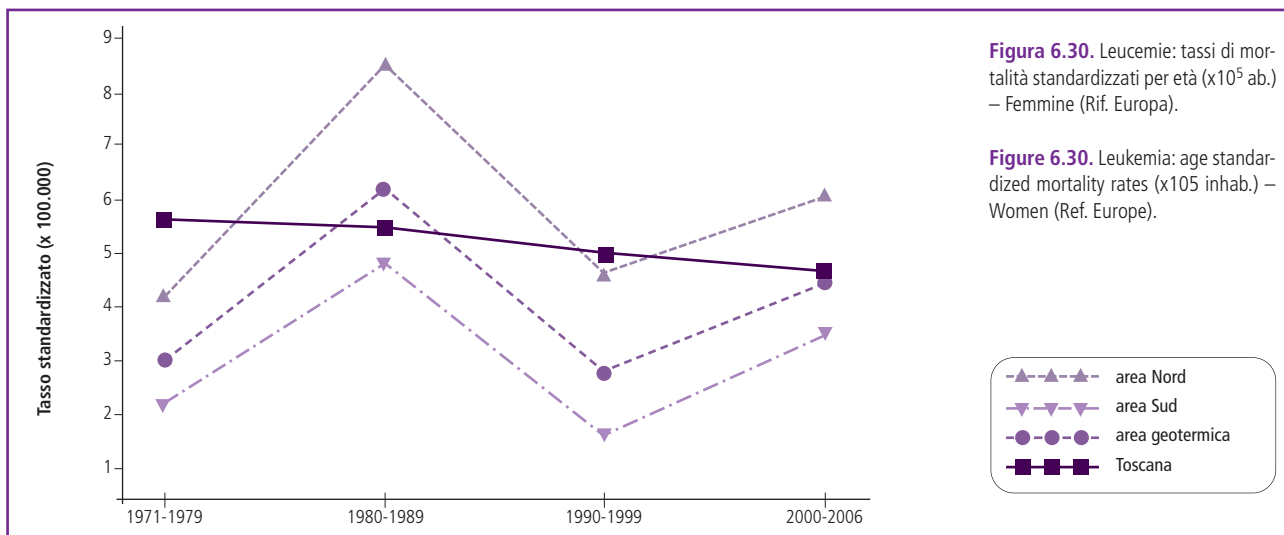
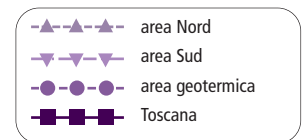
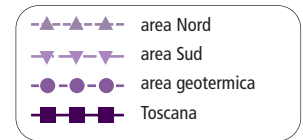


Figura 6.30. Leucemie: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ inhab.) – Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.30. Leukemia: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.) – Women (Ref. Europe).



livelli regionali nei maschi e superiori nelle femmine, mentre l'opposto accade nell'area Nord.

Nelle aree geotermiche, per entrambi i generi, il numero di decessi per diabete osservati nel 2000-2006 è minore rispetto all'atteso, a eccezione di un eccesso non significativo nei maschi dell'area geotermica Nord.

Nei singoli comuni non si rilevano eccessi o difetti di mortalità dotati di significatività statistica.

Demenze (ICD-9: 290,331.0-331.2)

Nel periodo 1971-2006 la mortalità per demenze è in aumento in entrambi i generi, sia a livello regionale sia nelle aree geotermiche. Gli SMR nelle aree geotermiche evidenziano livelli di mortalità per demenze inferiori rispetto a quella dei comuni di riferimento limitrofi, anche se non si-

gnificativi, con l'eccezione delle femmine nell'area geotermica Nord, che registrano un eccesso non significativo. Non si rilevano livelli significativi negli SMR per singoli comuni.

Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso (ICD-9: 320-389)

La mortalità per malattie del sistema nervoso è in aumento in Toscana e nelle aree geotermiche, in entrambi i generi (figure 6.33 e 6.34, pag. 57).

L'analisi degli SMR evidenzia nei maschi dell'area geotermica totale un eccesso del 27% ai limiti della significatività, che diventa significativo dopo aggiustamento per indice di deprivazione socioeconomica (+30%). Nelle due aree geotermiche il numero di decessi tra i maschi è superiore

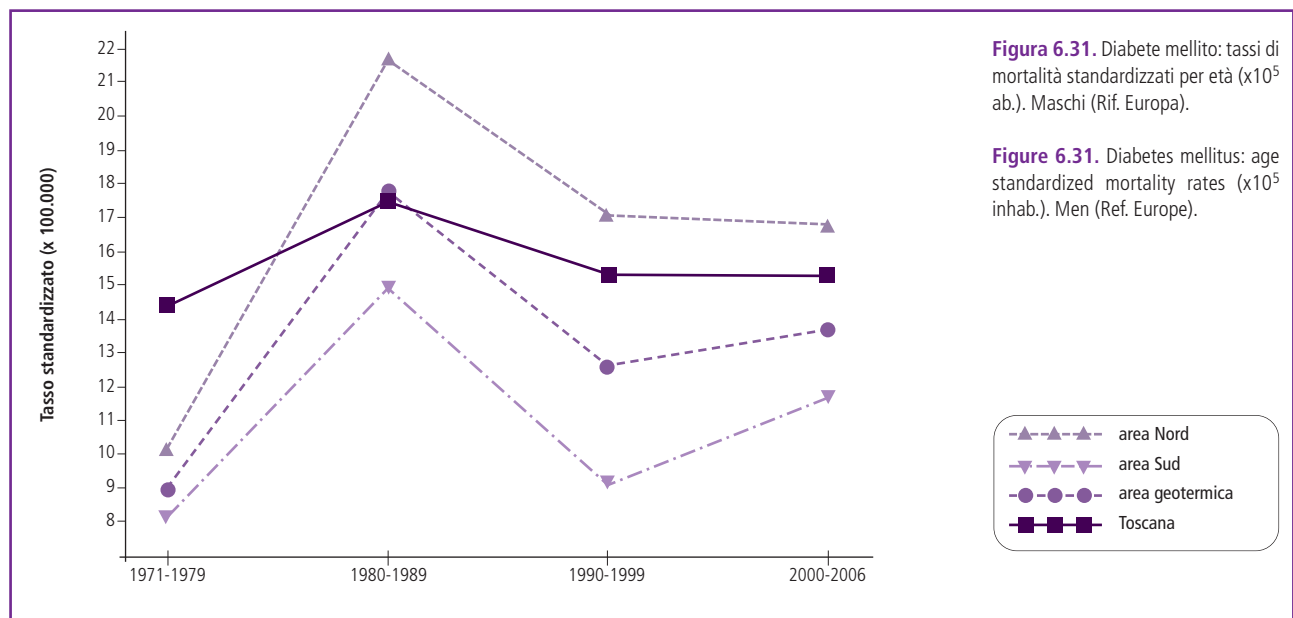


Figura 6.31. Diabete mellito: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.31. Diabetes mellitus: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Men (Ref. Europe).

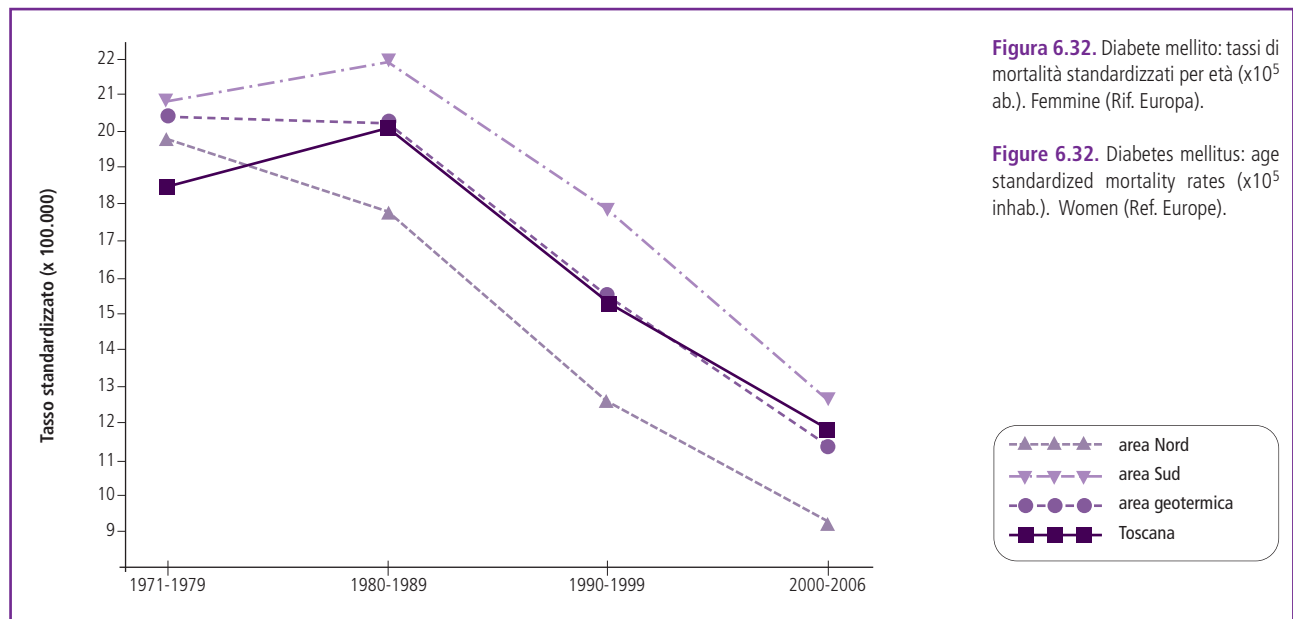


Figura 6.32. Diabete mellito: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.32. Diabetes mellitus: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

all'atteso, ma mai in maniera significativa. Nelle femmine, invece, nell'area totale e nelle due aree geotermiche gli osservati sono inferiori agli attesi, con scostamenti non statisticamente significativi.

Tra i singoli comuni si osserva un eccesso statisticamente significativo solo nei maschi residenti ad Abbadia San Salvatore (O 17; SMR 206; IC95% 120-323), che rimane inalterato dopo aggiustamento per ID.

Morbo di Parkinson (ICD-9: 332)

Nel periodo 1971-2006 i TSD di mortalità per morbo di Parkinson nella Regione Toscana risultano stabili sia nei maschi sia nelle femmine, con andamento simile nelle aree geotermiche. L'analisi degli SMR conferma quanto emerso per i tassi standardizzati del periodo 2000-2006: nei maschi si osservano valori elevati in entrambe le aree e il contrario per le femmine, senza mai raggiungere la significatività statistica.

Tra i singoli comuni si evidenzia un eccesso statisticamente

significativo di mortalità solo nei maschi di Castelnuovo Val di Cecina (O 4; SMR 417; IC95% 114-107), che perde la significatività dopo aggiustamento per ID (SMR-ID 302; IC95% 82-774).

Malattia del motoneurone (ICD-9: 335.2)

In Toscana i TSD di mortalità per questa rara patologia risulta in modesto aumento, più evidente per le femmine rispetto ai maschi. Nelle aree geotermiche si nota un andamento analogo per i maschi, mentre per le femmine prevale una diminuzione dei tassi.

A causa della bassa numerosità, le stime degli SMR sono imprecise. Emerge, comunque, una tendenza non significativa a superare il valore di 100, soprattutto per i maschi in entrambe le aree geotermiche. Tra i singoli comuni, solo per i maschi emerge un eccesso significativo a Piancastagnaio (O 3; SMR 641; IC95% 132-1873) che, pur diminuendo, resta significativo dopo correzione per ID.

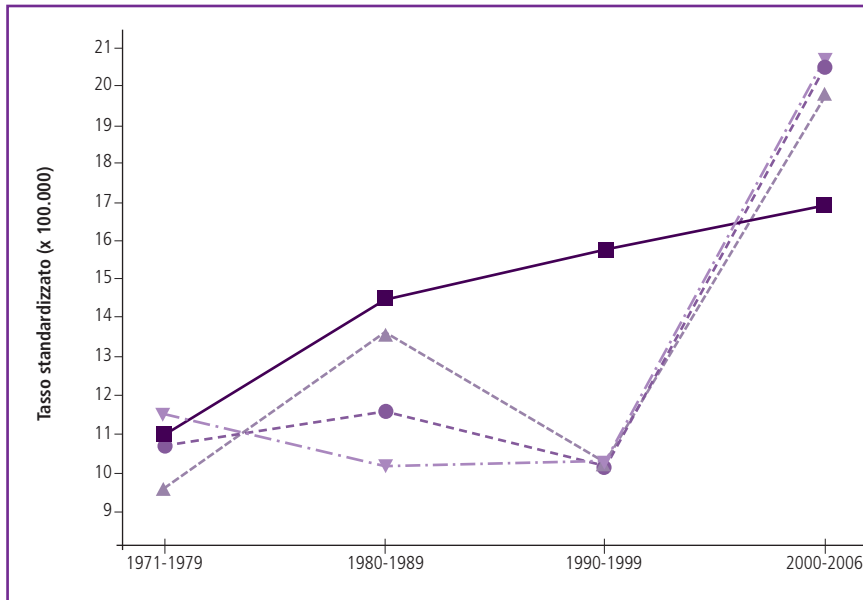


Figura 6.33. Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.33. Diseases of the nervous system and sense organs: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Men (Ref. Europe).



Figura 6.34. Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.34. Diseases of the nervous system and sense organs: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

Malattie del sistema circolatorio (ICD-9: 390-459)

Nel periodo 1971-2006, in entrambi i generi, la mortalità per malattie del sistema circolatorio è in netta e costante diminuzione in Toscana, così come nelle aree geotermiche, dove i valori dei tassi sono allineati a quelli regionali (figura 6.35 e 6.36).

Nel periodo 2000-2006, nelle due aree geotermiche e in entrambi i sessi, gli SMR per malattie cardiovascolari sono in linea o inferiori rispetto al riferimento locale, con un difetto significativo solo per le femmine dell'area totale (-6%) e dell'area geotermica Sud (-8%). Tra i singoli comuni si segnala solo un SMR significativamente basso nelle femmine residenti a Montieri (O 31; SMR 66; IC95% 45-94) che resta significativo dopo aggiustamento per ID.

Malattia ipertensiva (ICD-9: 401-405)

I TSD di mortalità per malattia ipertensiva risultano in diminuzione, in entrambi i generi, sia a livello regionale sia

nelle aree geotermiche, pur con una tendenza all'aumento nell'ultimo periodo. Non si rilevano eccessi di mortalità per malattia ipertensiva significativi nelle due aree geotermiche, sebbene in quella Nord vi sia una tendenza a superare il valore di 100, sia nei maschi sia nelle femmine, mentre nell'area geotermica Sud le femmine registrano un eccesso ai limiti della significatività statistica.

Tra i singoli comuni si osservano eccessi significativi nelle femmine di Piancastagnaio (O 13; SMR 239; IC95% 127-408) e di Abbadia San Salvatore (O 20; SMR 213; IC95% 130-330) nell'area geotermica Sud, che restano significativi dopo correzione per ID.

Malattie ischemiche del cuore (ICD-9: 410-414)

In entrambi i generi i TSD di mortalità per malattie ischemiche cardiache sono in diminuzione sia in Toscana sia nelle aree geotermiche, con i valori delle due aree che oscillano intorno a quelli regionali.

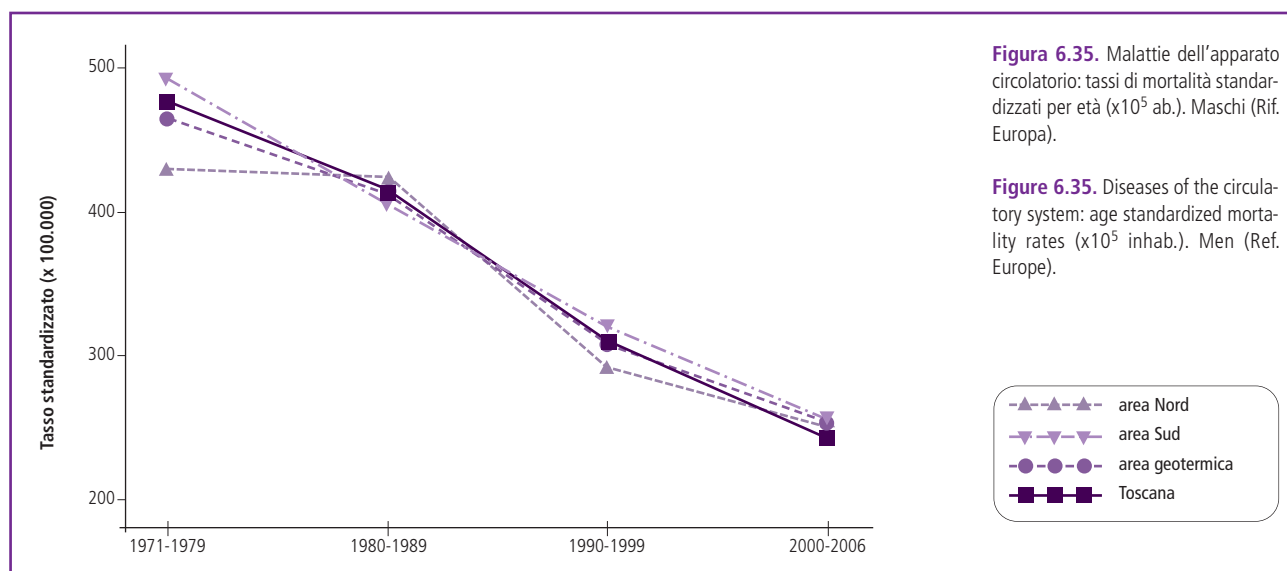


Figura 6.35. Malattie dell'apparato circolatorio: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.35. Diseases of the circulatory system: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Men (Ref. Europe).

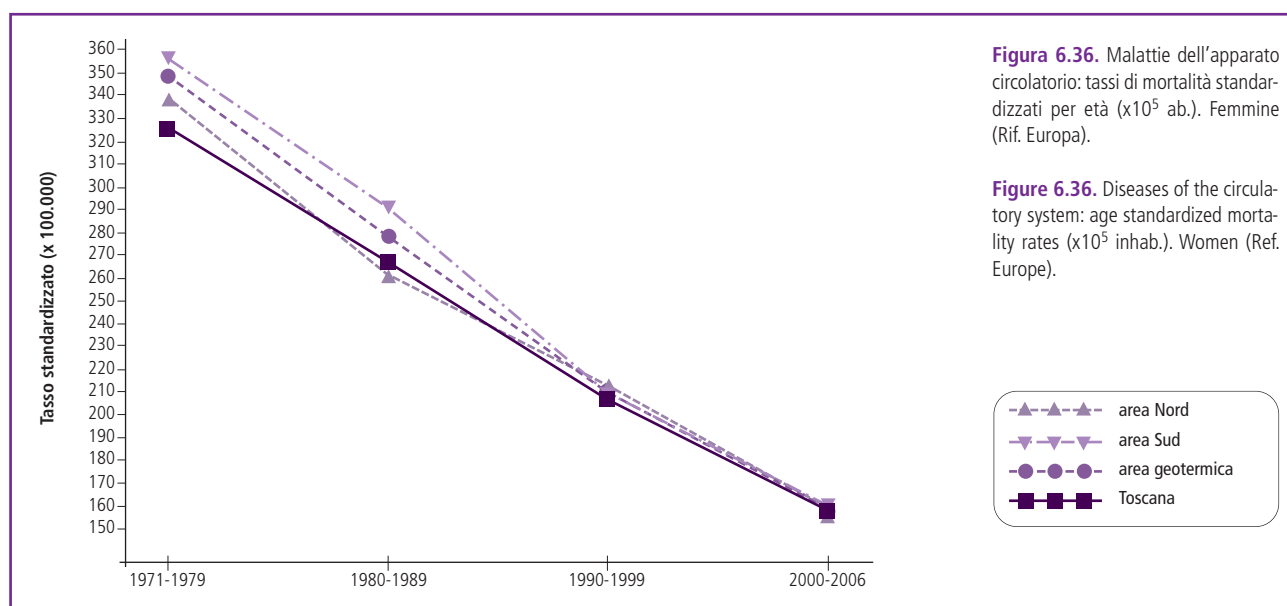


Figura 6.36. Malattie dell'apparato circolatorio: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.36. Diseases of the circulatory system: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

Gli SMR nelle due aree geotermiche non mostrano significativi eccessi. Al contrario, nelle femmine si rilevano difetti significativi di mortalità nell'area totale (-22%), sia nell'area geotermica Sud (-22%) sia in quella Nord (-23%).

Tra i singoli comuni, nelle femmine di Monteverdi Marittimo si registra un eccesso di mortalità significativo (O 9; SMR 226; IC95% 104-429), che si mantiene ai limiti della significatività dopo correzione per ID (SMR-ID 216; IC95% 99-410). Si evidenziano, inoltre, difetti significativi a Santa Fiora (O 12; SMR 54; IC95% 28-95) e a Piancastagnaio (O 11; SMR 50; IC95% 25-90), che raggiungono i limiti della significatività statistica dopo aggiustamento per ID.

Infarto miocardico acuto della parete enterolaterale (ICD-9: 410)

La mortalità per infarto miocardico è in diminuzione, sia a livello regionale sia nelle aree geotermiche, in entrambi i generi. Gli SMR nelle due aree geotermiche, sebbene non raggiungano mai la significatività statistica, mostrano valori

inferiori a 100. Tra i singoli comuni si rileva un eccesso significativo solo nelle femmine di Monteverdi Marittimo (O 5; SMR 330; IC95% 107-771) che resta significativo dopo correzione per ID.

Disturbi circolatori dell'encefalo (ICD-9: 430-438)

I TSD di mortalità per malattie vascolari cerebrali sono in diminuzione, in entrambi i generi, sia a livello regionale sia nelle aree geotermiche, con i valori nelle due aree in linea con quelli regionali (figure 6.37 e 6.38).

Gli SMR relativi al periodo 2000-2006 nell'area totale e in quella Sud non mostrano particolari eccessi o difetti, mentre si osserva un valore più elevato per le femmine dell'area geotermica Nord, che raggiunge la significatività statistica dopo aggiustamento per ID (+22%).

Tra i singoli comuni si rileva un eccesso significativo nelle femmine di Pomarance (O 75; SMR 145; IC95% 114-182) che aumenta dopo correzione per ID (SMR-ID 161; IC95% 127-202), mentre nei maschi dello stesso comune è al li-

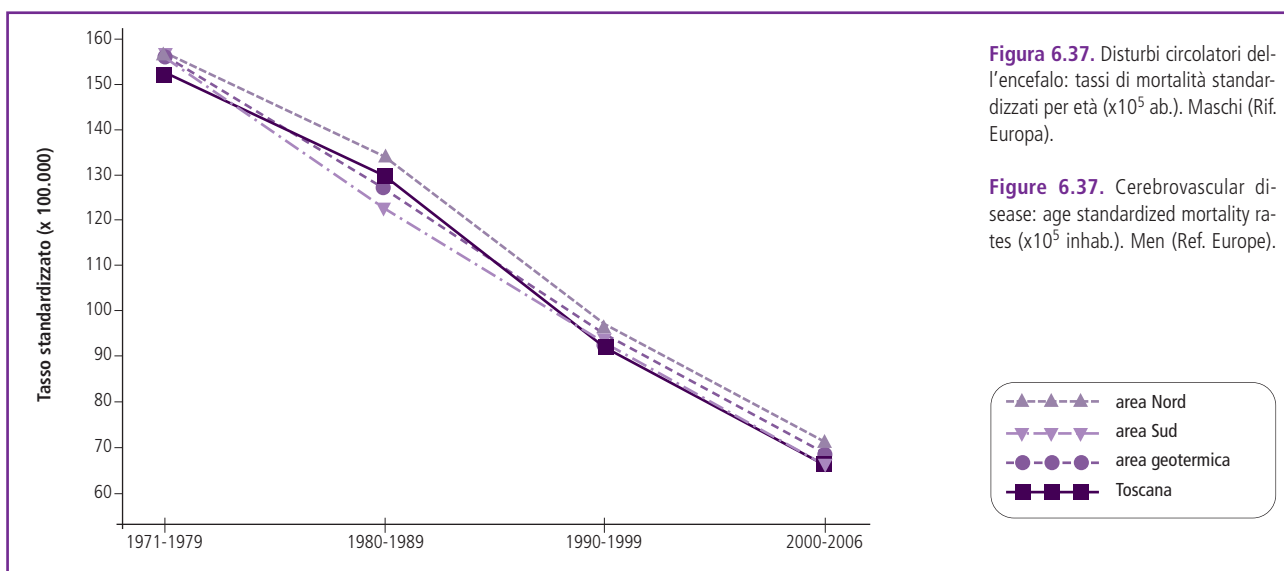


Figura 6.37. Disturbi circolatori dell'encefalo: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.37. Cerebrovascular disease: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Men (Ref. Europe).

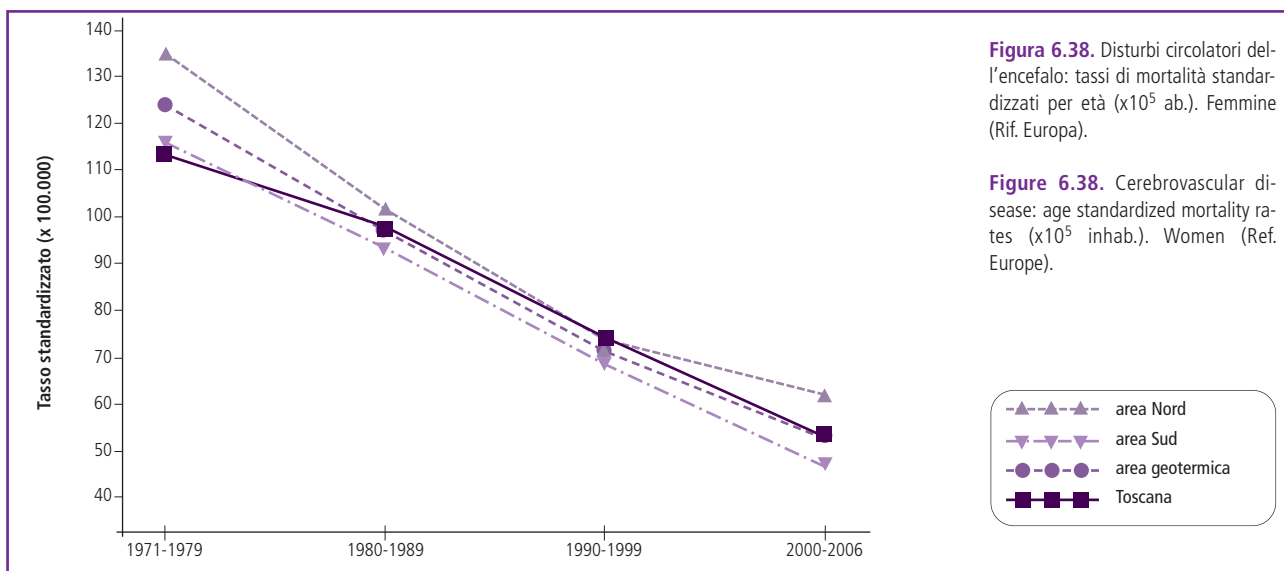


Figura 6.38. Disturbi circolatori dell'encefalo: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.38. Cerebrovascular disease: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

mite della significatività (O 50; SMR 133; IC95% 99-175), ma diventa significativo dopo aggiustamento per ID (SMR-ID 145; IC95% 108-191). Ad Abbadia San Salvatore si conta un numero di decessi significativamente inferiore all'atteso sia per i maschi (O 22; SMR 62; IC95% 39-93) sia per le femmine (O 36; SMR 70; IC95% 49-98). Entrambi questi difetti restano significativi dopo standardizzazione per ID.

Malattie dell'apparato respiratorio (ICD-9: 460-519)

Nel periodo 1971-2006 i TSD di mortalità per malattie respiratorie sono in diminuzione per i maschi e per le femmine, sia a livello regionale sia nelle due aree geotermiche (figure 6.39 e 6.40). I TSD relativi ai maschi delle aree geotermiche sono costantemente più elevati di quelli regionali, mentre quelli delle femmine dell'area geotermica Nord,

ma non di quella Sud, tendono a essere sempre leggermente più bassi.

L'analisi degli SMR per il periodo 2000-2006 evidenzia un eccesso significativo di mortalità per malattie respiratorie per i maschi dell'intera area geotermica totale (+25%), che incrementa dopo aggiustamento per ID (+29%). Nell'area geotermica Sud si rileva un eccesso significativo nei maschi (+28%), che aumenta dopo aggiustamento per ID (+32%). L'eccesso è significativo solo nella classe d'età degli ultra 65enni (area geotermica totale: O 207; SMR 123; IC95% 107-141; area Sud: O 121, SMR 126; IC95% 105-151). Nell'area geotermica Sud anche le femmine mostrano un numero di osservati superiore a quello degli attesi, ma non a livelli di significatività statistica. Nell'area geotermica Nord, mentre per i maschi si rileva un eccesso al limite della significatività, per le femmine i decessi osservati sono inferiori agli attesi, anche se a livelli non significativi.

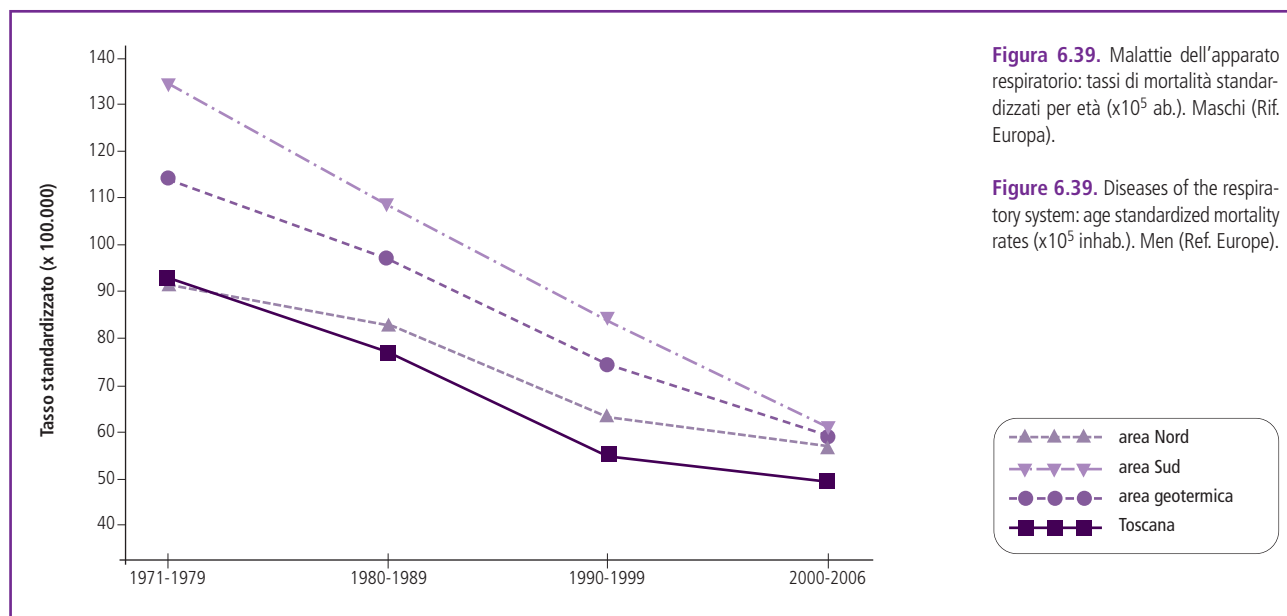


Figura 6.39. Malattie dell'apparato respiratorio: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.39. Diseases of the respiratory system: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Men (Ref. Europe).

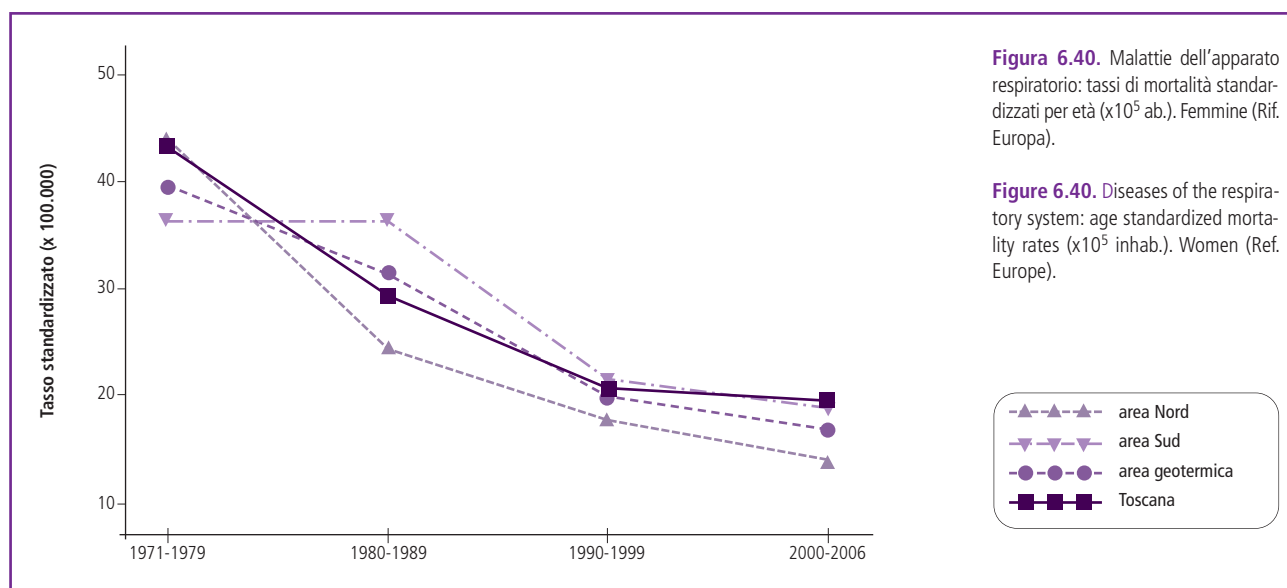


Figura 6.40. Malattie dell'apparato respiratorio: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.40. Diseases of the respiratory system: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

Tra i comuni dell'area geotermica Nord si rilevano SMR in eccesso significativo rispetto all'area circostante nei maschi di Montieri (O 18; SMR 254; IC95% 150-401) e di Monterotondo Marittimo (O 14; SMR 261; IC95% 143-438), entrambi confermati dopo aggiustamento per ID.

Dalle analisi bayesiane si evidenzia una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiega il 90% della variabilità totale). Dalla mappa si notano aggregati di comuni con BMR più elevati. Tra i comuni in studio, Monterotondo Marittimo e Montieri presentano un eccesso elevato di mortalità con il BMR statisticamente significativo (rispettivamente BMR pari a 141 e 152) (figura 6.41).

Tra i comuni dell'area geotermica Sud, si rilevano eccessi significativi nei maschi di Piancastagnaio (O 25; SMR 187; IC95% 121-276) e per le femmine di Abbadia San Salvatore (O 26; SMR 157; IC95% 103-231), entrambi significativi in seguito a correzione per ID.

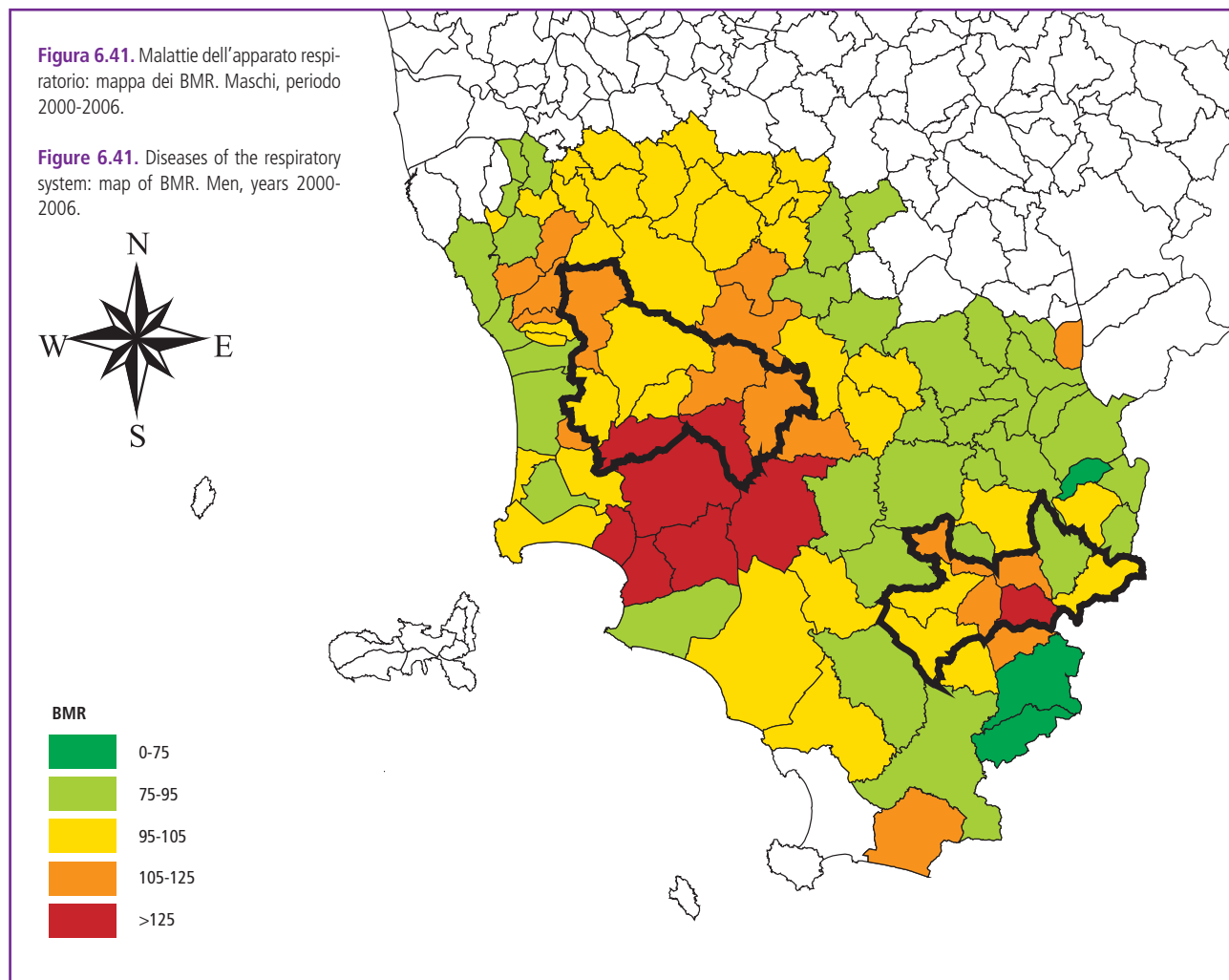
Malattie respiratorie acute (ICD-9: 460-466,480-487)

Nel periodo 1971-2006, in entrambi i generi, la mortalità per malattie respiratorie acute è in costante diminuzione a livello regionale fino alla fine degli anni Novanta, con un modesto incremento nell'ultimo periodo (figura 6.42

e 6.43, pag. 62). Lo stesso trend si registra sia per i maschi sia per le femmine nelle due aree geotermiche, con livelli dei tassi allineati ai valori regionali, sebbene si possa notare una tendenza nella sola area Nord a raggiungere livelli inferiori a quelli regionali.

Nel periodo 2000-2006 nell'area geotermica totale si osservano eccessi sia nei maschi sia nelle femmine, senza mai raggiungere la significatività statistica. Nell'area geotermica Sud si rileva un eccesso significativo di mortalità per malattie respiratorie acute nelle femmine (+41%) , che resta invariato dopo aggiustamento per indice di deprivazione. L'eccesso si riscontra solo nella classe d'età superiore ai 65 anni (O 41; SMR 144; IC95% 104-196). Anche nei maschi dell'area geotermica Sud i decessi osservati per malattie respiratorie acute sono superiori agli attesi, con scostamento non significativo. Diversamente, nell'area geotermica Nord, sia nei maschi sia nelle femmine, gli osservati sono inferiori agli attesi, anche se mai a livelli di significatività statistica.

Tra i singoli comuni dell'area geotermica Sud non si evidenziano SMR significativi in eccesso o in difetto, sebbene nelle femmine si registrino valori piuttosto elevati ad Abbadia San Salvatore, Radicofani e San Casciano dei Bagni.



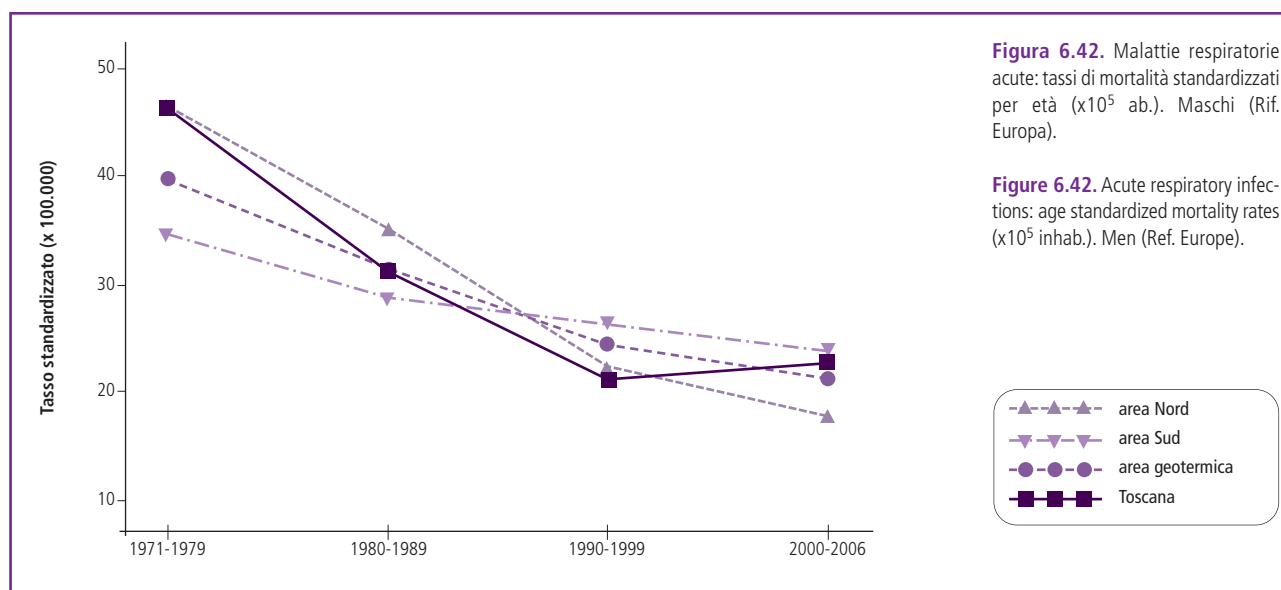


Figura 6.42. Malattie respiratorie acute: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.42. Acute respiratory infections: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Men (Ref. Europe).



Figura 6.43. Malattie respiratorie acute: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.43. Acute respiratory infections: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Women (Ref. Europe).

Dalle analisi bayesiane eseguite nella popolazione femminile si evidenzia una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiega il 98% della variabilità totale). Si nota un andamento spaziale ben delineato dell'indicatore bayesiano. Dalla mappa si notano aggregati di comuni con BMR più elevati. Tra i Comuni in studio, Abbadia San Salvatore, Radicofani e San Casciano dei Bagni presentano un eccesso elevato di mortalità con il BMR statisticamente significativo (Abbadia San Salvatore: BMR 142; Radicofani: BMR 156; San Casciano dei Bagni: BMR 172) (figura 6.44, pag. 63).

Non si registrano situazioni di particolare rilievo nei comuni dell'area Nord.

Polmonite (ICD-9: 480-486)

I TSD di mortalità per polmonite in entrambi i generi sono in diminuzione sia in Toscana sia nelle aree geotermiche in tutto il periodo 1971-2006, a eccezione di un mo-

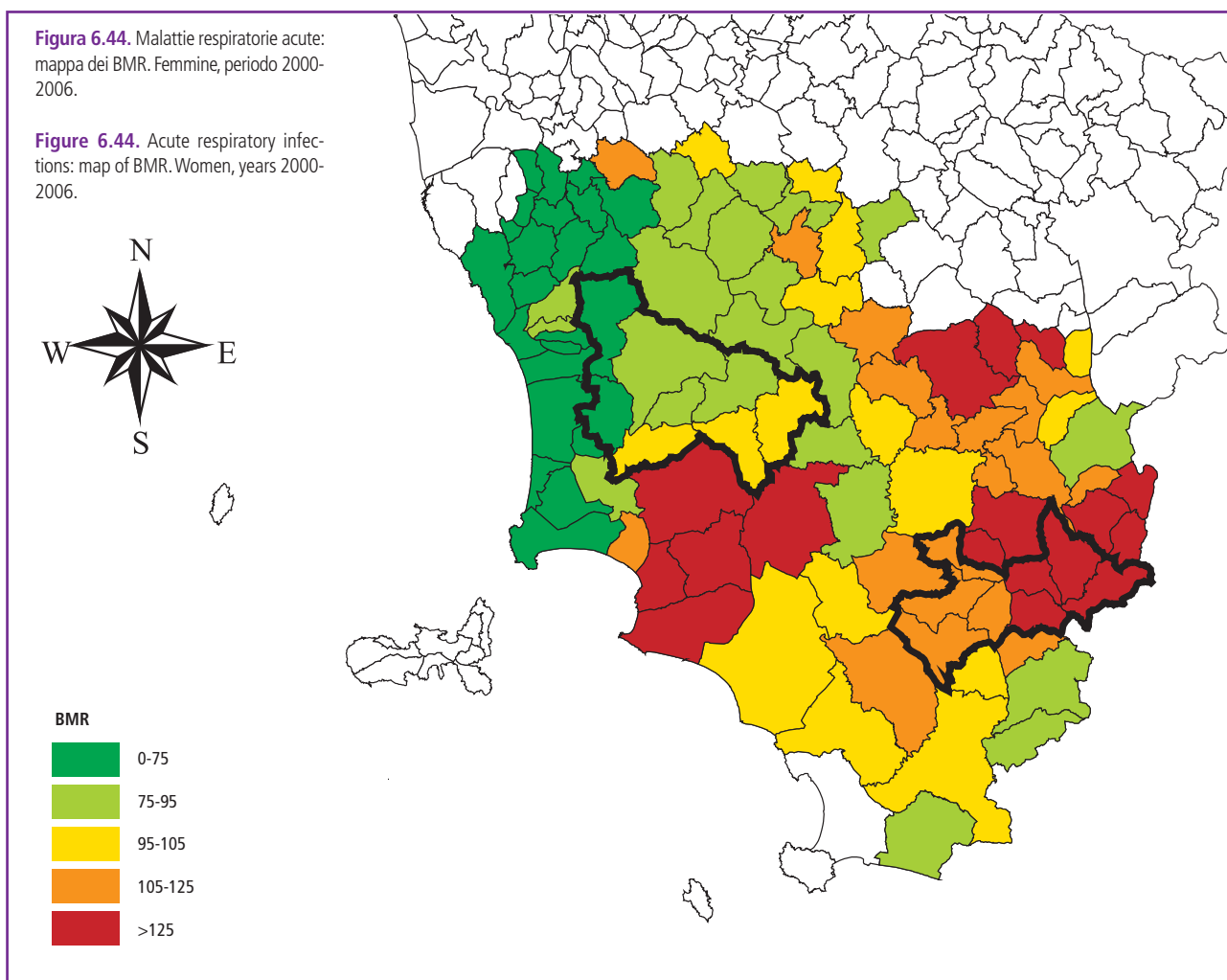
desto incremento registrato nell'ultimo periodo a livello regionale, ma non nelle aree geotermiche (figura 6.45 e 6.46, pag. 64). Nell'area geotermica Nord i TSD tendono a mantenersi leggermente al di sotto dei valori regionali.

In entrambi i generi, l'analisi degli SMR evidenzia livelli di mortalità per polmoniti tendenzialmente superiori rispetto ai comuni limitrofi nell'area geotermica Sud, ma inferiori in quella Nord, sebbene in nessun caso si raggiunga la significatività statistica.

Tra i singoli comuni non si rilevano valori di SMR statisticamente significativi.

Malattie polmonari croniche ostruttive - MPCO (ICD-9: 490-496)

In entrambi i generi, i tassi standardizzati di MPCO nel periodo 1971-2006 sono in diminuzione, sia nella regione sia nelle aree geotermiche, dove i valori nell'ultimo periodo tendono a convergere verso quelli regionali.



Sia nell'area geotermica Nord sia in quella Sud, si registrano modesti eccessi di mortalità nei maschi e difetti nelle femmine, che comunque non raggiungono mai la significatività statistica.

Tra i singoli comuni non si registrano SMR significativi.

Broncopneumopatie croniche ostruttive - BPCO (ICD-9: 491-492,494-496)

I TSD di mortalità per BPCO sono in diminuzione sia nella regione sia nelle aree geotermiche, con una diminuzione più evidente per i maschi rispetto alle femmine (figura 6.47 e 6.48, pag. 64-65). Nel tempo i valori dei tassi, in entrambe le aree, tendono ad assumere valori inferiori a quelli regionali.

Sia nell'area geotermica Nord sia in quella Sud si rilevano modesti eccessi di mortalità nei maschi e difetti nelle femmine, anche se mai significativi.

Nei singoli comuni non si osservano SMR di particolare significato.

Pneumoconiosi (ICD-9: 500-505)

La mortalità per pneumoconiosi in Toscana tra i maschi risulta in lieve diminuzione nel periodo 1971-2006, men-

tre è rilevante e costante il decremento nell'area geotermica Sud, che partiva da valori molto più elevati di quelli regionali e dell'area geotermica Nord (figura 6.49, pag. 65). Negli anni più recenti i TSD delle due aree geotermiche finiscono per coincidere, rimanendo di poco superiori al valore regionale. La numerosità molto modesta dei casi nelle femmine non consente un'analisi affidabile dei trend temporali.

Eccessi rilevanti e significativi di mortalità per pneumococcosi si rilevano per i maschi nell'area geotermica totale (+176%), nell'area Nord (+153%) e in quella Sud (+194%). L'aggiustamento per ID incrementa ulteriormente la stima puntuale. In entrambe le aree geotermiche gli eccessi si rilevano solo nei più anziani (area totale: O 51; SMR 277; IC95% 206-364; area Nord: O 20; SMR 253; IC95% 155-391; area Sud: O 31; SMR 295; IC95% 201-419).

Tra i singoli comuni si rilevano forti e significativi eccessi di mortalità per i maschi di Montieri (O 13; SMR 1702; IC95% 906-2909) e Monterotondo Marittimo (O 6; SMR 1.065; IC95% 390-2.317) nell'area geotermica Nord, e di Abbadia San Salvatore (O 8; SMR 308; IC95% 133-606), Piancastagnaio (O 11; SMR 772; IC95% 385-1.380) e Santa Fiora (O 10; SMR 692; IC95% 332-1.271) nell'area geo-

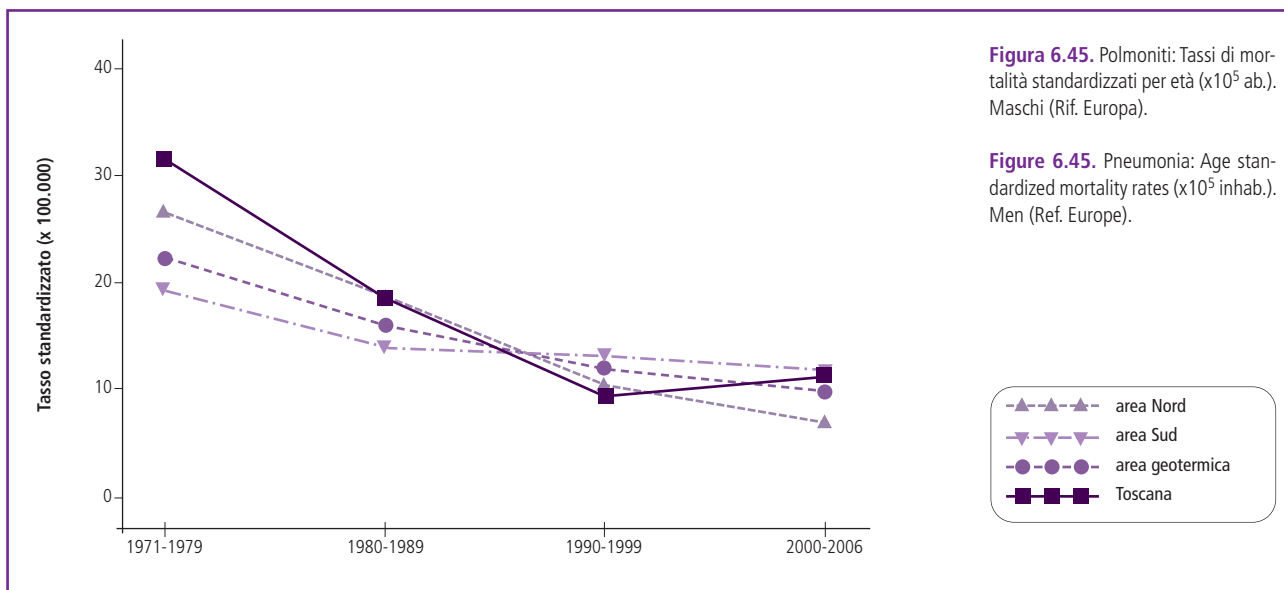


Figura 6.45. Polmoniti: Tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.45. Pneumonia: Age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Men (Ref. Europe).

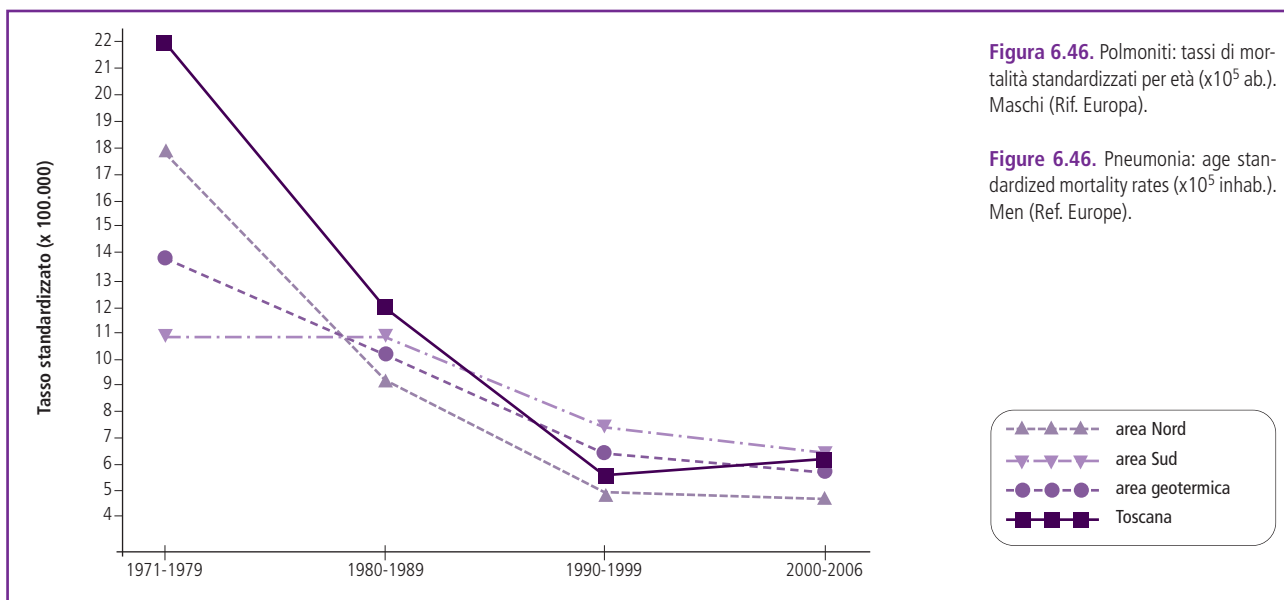


Figura 6.46. Polmoniti: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.46. Pneumonia: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Men (Ref. Europe).



Figura 6.47. Broncopneumopatie croniche ostruttive: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.47. Chronic obstructive pulmonary disease: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Men (Ref. Europe).

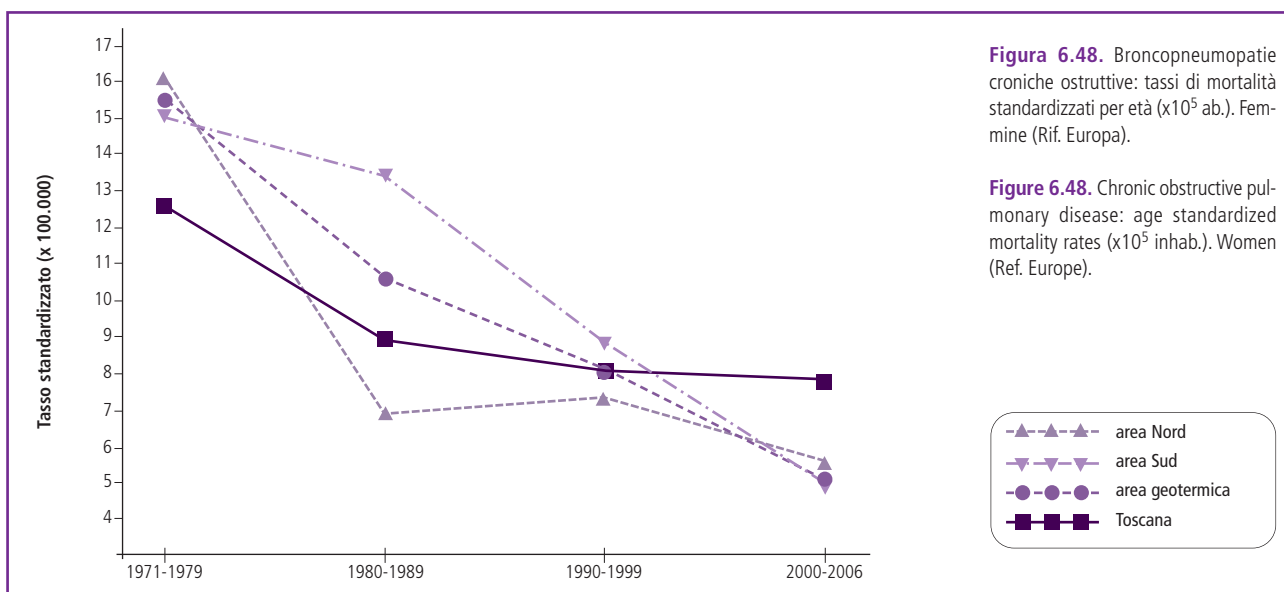


Figura 6.48. Broncopneumopatie croniche ostruttive: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.48. Chronic obstructive pulmonary disease: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Women (Ref. Europe).



Figura 6.49. Pneumoconiosi: tassi di mortalità standardizzati per età ($\times 10^5$ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.49. Pneumoconioses: age standardized mortality rates ($\times 10^5$ inhab.). Men (Ref. Europe).

termica Sud. In tutti questi comuni l'aggiustamento per ID determina un ulteriore aumento delle stime, a eccezione di Monterotondo Marittimo, dove l'SMR aggiustato diminuisce ma resta significativo.

Malattie dell'apparato digerente (ICD-9: 520-579)

La mortalità per malattie dell'apparato digerente è in diminuzione, sia nei maschi sia nelle femmine, a livello regionale e nelle aree geotermiche. In entrambi i generi, i TSD nell'area geotermica Sud sono costantemente superiori al valore regionale, mentre nell'area geotermica Nord sono inferiori.

Nell'ultimo periodo 2000-2006, nell'area geotermica Sud si rileva un eccesso significativo di mortalità per malattie dell'apparato digerente tra le femmine (+32%), che resta invariato dopo aggiustamento per deprivazione socioeco-

nomica. L'eccesso è significativo nella classe delle ultra65enni (O 67; SMR 132; IC95% 103-168), ma non nelle più giovani. Tra i maschi dell'area geotermica Sud l'eccesso non è significativo. Diversamente, nell'area geotermica Nord per entrambi i generi gli osservati sono tendenzialmente inferiori agli attesi, anche se a livelli non statisticamente significativi.

Tra i singoli comuni, si osserva un eccesso significativo di mortalità solo per le femmine di Abbadia San Salvatore (O 21; SMR 163; IC95% 101-250) e nei maschi di Piancastagnaio (O 15; SMR 218; IC95% 122-359). Entrambi gli eccessi si mantengono significativi dopo aggiustamento per ID.

Malattia epatica cronica e cirrosi (ICD-9: 571)

Nel periodo dal 1971 al 2006 la mortalità per cirrosi epatica è in diminuzione in Toscana e nelle due aree geoter-

miche, sia nei maschi sia nelle femmine (figure 6.50 e 6.51). Nell'area geotermica Sud si rilevano tassi sempre superiori a quelli regionali, sia nei maschi sia nelle femmine. Nell'area Nord i tassi tendono a mantenersi al di sotto di quelli regionali con l'eccezione dell'ultimo periodo.

L'analisi degli SMR nell'ultimo periodo 2000-2006, evidenza nell'area geotermica totale un eccesso significativo del 42% per le femmine, che resta invariato dopo correzione per indice di deprivazione.

Nell'area geotermica Sud si osserva, sia nei maschi sia nelle femmine, un eccesso non significativo rispetto ai comuni limitrofi non geotermici. Al contrario, nell'area geotermica Nord tra i maschi i decessi osservati sono inferiori agli attesi, mentre per le femmine si osserva un eccesso non significativo.

Tra i singoli comuni nell'area geotermica Sud si rilevano

eccessi statisticamente significativi a Piancastagnaio, sia per i maschi (O 10; SMR 351; IC95% 168-645) sia per le femmine (O 6; SMR 293; IC95% 107-638), e per le sole femmine di Castel del Piano (O 9; SMR 352; IC95% 161-668), che restano significativi dopo correzione per ID. In nessun comune dell'area geotermica Nord emergono scostamenti significativi di mortalità.

Malattie del sistema genitourinario (ICD-9: 580-629)

Il trend della mortalità per malattie dell'apparato genito-urinario nel periodo 1971-2006 a livello regionale è in decrescita, sia nei maschi sia nelle femmine. Lo stesso è vero in entrambe le aree geotermiche fino agli anni Novanta, quando in entrambi i generi inizia un incremento, con tassi nelle aree geotermiche che arrivano alla fine del periodo al di



Figura 6.50. Malattia epatica cronica e cirrosi: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.50. Chronic liver disease and cirrhosis: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Men (Ref. Europe).



Figura 6.51. Malattia epatica cronica e cirrosi: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.51. Chronic liver disease and cirrhosis: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

sopra dei valori regionali. Nel periodo 2000-2006 eccessi di mortalità per malattie dell'apparato genitourinario sono evidenti nell'area geotermica Nord in entrambi i generi, pur non raggiungendo mai la significatività statistica. Nell'area geotermica Sud si osserva un eccesso di mortalità non significativo nei maschi, ma non nelle femmine.

Tra i singoli Comuni si rileva un eccesso significativo nelle femmine di Montecatini Val di Cecina (O 5; SMR 336; IC95% 108-783) nell'area geotermica Nord, e in quelle di Abbadia San Salvatore (O 11; SMR 205; IC95% 102-367) nell'area geotermica Sud, che restano invariati dopo analisi standardizzate per deprivazione socioeconomica.

Insufficienza renale acuta e cronica (ICD-9: 584-585)

Il trend di mortalità per insufficienza renale è in crescita nel periodo 1971-2006 sia a livello regionale sia nelle aree

geotermiche, per entrambi i generi (figure 6.52 e 6.53). Sia nei maschi sia nelle femmine, i tassi tendono a essere maggiori di quelli regionali nell'area geotermica Sud e inferiori in quella Nord, fatta eccezione per le femmine nell'ultimo periodo.

Nell'ultimo periodo, nelle due aree geotermiche non si rilevano significativi eccessi o difetti di mortalità per insufficienza renale rispetto ai comuni limitrofi non geotermici, anche se i valori tendono a essere un po' più alti dell'area di riferimento, con l'eccezione di uno scostamento non significativo in difetto per i maschi dell'area geotermica Nord.

Tra i singoli comuni, si registra un eccesso di mortalità significativo solo per le femmine di Abbadia San Salvatore (O 9; SMR 282; IC95% 129-536) che resta invariato dopo aggiustamento per indice di deprivazione.

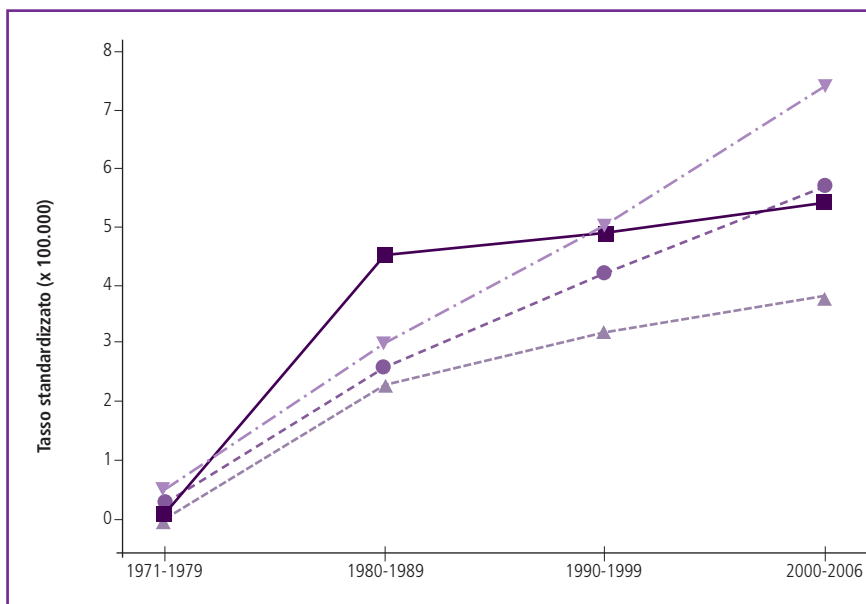


Figura 6.52. Insufficienza renale acuta e cronica: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Maschi (Rif. Europa).

Figure 6.52. Acute and chronic Renal failure: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Men (Ref. Europe).

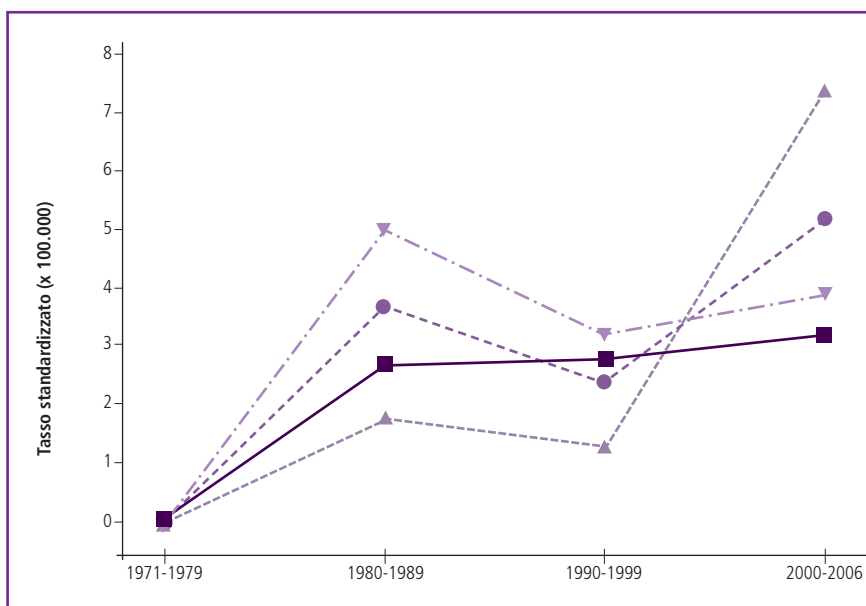


Figura 6.53. Insufficienza renale acuta e cronica: tassi di mortalità standardizzati per età (x10⁵ ab.). Femmine (Rif. Europa).

Figure 6.53. Acute and chronic renal failure: age standardized mortality rates (x10⁵ inhab.). Women (Ref. Europe).

Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti (ICD-9: 780-799)

Nelle femmine dell'area geotermica totale il numero di decessi per cause mal definite è significativamente superiore al riferimento (+42%).

Nell'area geotermica Sud si osserva un SMR per malattie mal definite significativamente elevato sia nei maschi (+96%) sia nelle femmine (+98%). Al contrario, nell'area geotermica Nord il numero di decessi per cause mal definite è inferiore all'atteso, anche se non in maniera significativa.

Tra i singoli comuni si osservano eccessi significativi per questa causa a Castel del Piano, sia per i maschi (O 8; SMR 450; IC95% 194-886) sia per le femmine (O 15; SMR 298; IC95% 167-492) nell'area geotermica Nord, e per le femmine di Arcidosso (O 20; SMR 427; IC95%

261-660) e Roccalbegna (O 9; SMR 486; IC95% 223-923) nell'area geotermica Sud.

Traumatismi e avvelenamenti (ICD-9: 800-999)

Nel periodo 1971-2006 la mortalità per traumatismi e avvelenamenti è in costante e progressiva diminuzione nei maschi e nelle femmine a livello regionale e nelle aree geotermiche.

Nell'area geotermica totale si osservano eccessi significativi per le femmine (+44%) e ai limiti della significatività per i maschi (+19%). Nell'area geotermica Sud si rilevano eccessi significativi di mortalità per i maschi (+26%) e per le femmine (+44%), quest'ultimo dato risulta confermato anche dopo aggiustamento per deprivazione socioeconomica.

Nell'area geotermica Nord i decessi osservati sono di poco superiori agli attesi nei maschi e inferiori nelle femmine, anche se a livelli non significativi.

Ricoverati

Nella **tabella 6.2** (pagg. 70-71) sono riportati gli SHR per ciascuna causa di ricovero o gruppo di cause, distinti per sesso e area geotermica, e anche aggiustati per indice di deprivazione (SHR-ID). Gli SHR si riferiscono all'ultimo periodo 2004-2006 e sono calcolati utilizzando come riferimento l'ospedalizzazione dei residenti nei comuni compresi in un raggio di 50 km centrato nell'area geotermica in studio. Come descritto nel Capitolo 5, non sono presentati gli SHR delle cause di ricovero con un numero di osservati inferiore a 3.

Tutte le cause (ICD-9: 001-999)

Nell'intera area geotermica, nel periodo 2004-2006, si sono registrati 6.225 ricoverati, di cui 2.923 nei maschi e 3.302 nelle femmine. Il 41% dei ricoverati è tra i 16.900 residenti negli otto comuni dell'area geotermica Nord (1.193 maschi e 1.357 femmine) e il restante 59% tra i 26.500 residenti dell'area geotermica Sud (1.730 maschi e 1.945 femmine).

Tra i maschi residenti nell'area geotermica totale, il 31% dei ricoveri riguarda i più anziani (≥ 65 anni), il 35% gli adulti (35-64 anni) e il restante 34% i più giovani (< 35 anni); tra le femmine, il 35% si registra nelle classi di età più avanzata, il 30% nelle adulte e il restante 36% nelle più giovani.

Nell'area geotermica nel suo complesso la frequenza di ricoverati risulta in linea con il numero atteso per entrambi i generi.

Nell'area Nord i ricoverati tra i residenti maschi risultano in eccesso del 5% rispetto al valore atteso, con SHR ai limiti della significatività; le femmine risultano in eccesso staticamente significativo del 5% rispetto agli attesi (l'aggiustamento per indice di deprivazione porta a un lieve incremento degli SHR). Dalle analisi stratificate per classe di età, risultano eccessi di ricoverati con età compresa tra 35 anni e 64 anni sia per gli uomini (O 441; SHR 111; IC95% 101-122) sia per le donne (O 428; SHR 114; IC95% 103-125).

Nell'area Sud, tra i maschi residenti, il numero di ricoverati risulta in linea con il numero atteso; per le femmine si osserva un numero di ricoverati in difetto statisticamente significativo rispetto al valore atteso. Dalle analisi per classi di età risulta un eccesso di ricoverati maschi con più di 64 anni (O 545; SHR 109; IC95% 100-119).

Le analisi a livello comunale mostrano eccessi statisticamente significativi di ricoverati residenti a Castelnuovo Val di Cecina sia tra i maschi (O 219; SHR 133; IC95% 116-152), sia tra le femmine (O 222; SHR 115; IC95% 100-131) e nel comune di San Casciano dei Bagni (M: O 144; SHR 125; IC95% 105-147; F: O 153; SHR 120; IC95% 102-140). Tutti gli eccessi emersi sono risultati simili operando o meno l'aggiustamento per indice di deprivazione.

Dall'analisi bayesiana, effettuata in entrambi i sessi, si evidenzia una distribuzione del BHR con una ben definita regolarità spaziale (la variabilità spaziale rappresenta più del 90% della variabilità totale) (**figure 6.54 e 6.55**, pag. 72). Si notano alcuni aggregati di comuni con eccessi di ricoverati. Alcuni di questi addensamenti comprendono anche comuni in studio. Gli eccessi osservati per i maschi residenti a Castelnuovo val di Cecina e a San Casciano dei Bagni sono confermati con significatività statistica dall'indicatore bayesiano (rispettivamente BHR: 117 e 111), mentre non sono confermati gli eccessi osservati per le donne.

Malattie infettive e parassitarie (ICD-9: 001-139)

Nel complesso dell'area geotermica si evidenziano rischi in difetto in entrambi i sessi: i ricoverati maschi sono lievemente in difetto rispetto agli attesi con SHR non statisticamente significativo, le donne ricoverate sono il 5% (7% aggiustando per ID) in meno rispetto al valore atteso, con un SHR ai limiti della significatività statistica.

Nell'area Nord risultano lievi eccessi di ricoverati non statisticamente significativi per entrambi i sessi.

Per i residenti nell'area Sud si osserva un numero di ricoverati in difetto statisticamente significativo rispetto al numero atteso, di circa il 20% tra i maschi e di circa il 30% tra le femmine.

Dalle analisi a livello comunale non emergono comuni con eccessi o difetti rilevanti.

Tubercolosi (ICD-9: 010-018)

Il numero di ricoverati osservati nel periodo 2004-2006 è esiguo in entrambe le aree ma è comunque da far notare che la maggior parte dei casi sono stati osservati tra i maschi residenti nell'area Sud, in lieve eccesso rispetto al valore atteso (SHR non statisticamente significativo e stima dell'indicatore molto imprecisa).

Dalle analisi a livello comunale non emergono comuni con risultati significativi.

Epatite virale (ICD-9: 070)

Nell'area geotermica totale risulta un numero di ricoverati per entrambi i sessi in linea con la numerosità attesa.

I ricoverati residenti nell'area Nord risultano in lieve difetto non statisticamente significativo rispetto al numero atteso.

Per i residenti dell'area Sud si registrano lievi eccessi non statisticamente significativi di ricoverati in entrambi i sessi.

Le analisi a livello comunale evidenziano un eccesso di ricoverate residenti a Roccalbegna (O 5; SHR 314; IC95% 101-732), che perde la significatività statistica dopo aggiustamento per ID (SHR 275; IC95% 89-642).

Tutti i tumori (ICD-9: 140-239)

Sul complesso dell'area risulta una ospedalizzazione per entrambi i sessi sostanzialmente in linea con quella attesa, con un lieve eccesso non significativo per le femmine.

Patologia	Codice ICD9	Area Nord					
		maschi			femmine		
		OSS	SHR% (IC95%)	SHR-ID% (IC95%)	OSS	SHR% (IC95%)	SHR-ID% (IC95%)
Tutte le cause	0-999	1.193	105 (99-111)	105 (99-111)	1357	105 (100-111)	106 (100-111)
Malattie infettive e parassitarie	001-139	67	121 (94-153)	114 (89-145)	54	108 (81-141)	107 (80-139)
Tubercolosi	010-018		<3		0	0	0
Epatite virale	70	13	81 (43-139)	80 (43-137)	19	88 (53-137)	82 (49-128)
Tutti i tumori	140-239	256	98 (86-110)	97 (85-109)	297	111 (98-124)	109 (97-123)
Tumori delle labbra, della cavità orale, della faringe	140-149	6	97 (35-211)	94 (34-205)	5	182 (59-425)	181 (58-422)
Tumori dell'esofago	150		<3		0	0	0
Tumori dello stomaco	151	17	118 (69-189)	120 (70-192)	13	136 (72-232)	137 (73-234)
Tumori del colon	153	22	96 (60-145)	94 (59-143)	23	127 (80-190)	129 (82-194)
Tumori del retto	154	15	109 (61-179)	105 (59-173)	12	115 (60-201)	113 (58-198)
Tumori del fegato, della colecisti e dei dotti biliari	155-156	7	72 (29-148)	73 (29-150)	8	122 (53-241)	111 (48-219)
Tumori del pancreas	157	12	167 (86-292)	171 (89-299)	6	100 (37-217)	102 (37-221)
Tumori della laringe	161	5	111 (36-259)	113 (37-264)		<3	
Tumori della trachea, dei bronchi e del polmone	162	27	88 (58-128)	91 (60-133)	4	47 (13-120)	47 (13-120)
Tumori della pleura	163		<3		0	0	0
Tumori del connettivo e di altri tessuti molli	171	3	167 (34-487)	148 (30-432)		<3	
Melanoma della cute	172	5	156 (50-363)	152 (49-355)	3	113 (23-329)	113 (23-331)
Tumori della mammella	174-175	0	0	0	39	82 (58-112)	84 (59-114)
Tumori dell'utero	179-180,182				13	129 (69-220)	131 (69-223)
Tumori dell'ovaio e di altri annessi uterini	183				7	112 (45-230)	108 (43-222)
Tumori della prostata	185	20	53 (32-82)	54 (33-84)			
Tumori del testicolo	186		<3				
Tumori della vescica	188	22	91 (57-138)	90 (57-137)	5	78 (25-183)	73 (24-169)
Tumori del rene e di altri non specificati organi urinari	189	9	79,8 (37-152)	73,8 (34-140)	4	73 (20-186)	74 (20-190)
Tumori del sistema nervoso centrale	191-192,225,239.6		<3		7	86 (35-178)	79 (32-162)
Tumori del tessuto linfoematopoietico	200-208	20	127 (77-196)	124 (75-191)	21	167 (103-255)	160 (99-245)
Linfomi non Hodgkin	200, 202	8	104 (45-205)	99 (43-195)	9	151 (69-286)	145 (66-276)
Malattia di Hodgkin	201		<3		4	433 (117-1110)	360 (97-922)
Mieloma multiplo e neoplasie immunoproliferative	203	6	174 (64-378)	171 (63-373)	4	133 (36-340)	138 (38-353)
Leucemie	204-208	7	133 (54-274)	135 (54-277)	11	273 (136-489)	262 (131-469)
Leucemia Linfoide (acuta e cronica)	204	4	159 (43-406)	174 (47-445)	9	514 (235-975)	409 (187-777)
Leucemia mieloide (acuta e cronica)	205		<3			<3	
Diabete Mellito	250	21	136 (84-208)	143 (88-218)	22	145 (91-220)	153 (96-232)
Demenze	290,331.0-331.2	8	213 (92-419)	214 (92-421)	16	206 (117-334)	202 (115-327)
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	320-389	101	87 (71-105)	87 (71-106)	118	95 (79-114)	94 (78-112)
Morbo di Parkinson	332	3	114 (23-332)	116 (23-339)	6	161 (59-351)	175 (64-381)
Malattie del motoneurone	335,2	0	0	0		<3	
Sclerosi multipla	340		<3		5	137 (44-319)	135 (44-315)
Epilessia	345		<3		4	48 (13-122)	48 (13-124)
Neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate	357,9		<3		0	0	0
Malattie del sistema circolatorio	390-459	391	95 (85-104)	94 (85-103)	381	101 (91-112)	101 (91-112)
Malattia ipertensiva	401-405	22	141 (88-213)	137 (86-207)	20	111 (68-172)	112 (68-173)
Infarto miocardico acuto della parete enterolaterale	410	66	87 (68-111)	95 (73-121)	44	86 (62-115)	91 (66-122)
Malattie ischemiche del cuore	410-414	122	94 (78-112)	98 (81-116)	79	94 (74-117)	99 (78-123)
Disturbi circolatori dell'encefalo	430-438	114	84 (70-101)	82 (68-99)	130	99 (83-118)	99 (83-117)
Malattie dell'apparato respiratorio	460-519	250	103 (91-117)	104 (91-118)	157	83 (71-97)	84 (72-98)
Malattie respiratorie acute	460-466,480-487	80	97 (77-121)	95 (75-118)	50	79 (59-105)	78 (58-103)
Polmonite	480-486	55	84 (63-109)	81 (61-105)	30	62 (42-88)	61 (41-87)
Malattie polmonari croniche ostruttive	490-496	37	99 (70-136)	102 (72-140)	31	109 (74-155)	117 (79-165)
Broncopneumopatie croniche ostruttive	491-492,494-496		<3		0	0	0
Asma	493		<3		5	83 (27-194)	87 (28-203)
Pneumoconiosi	500-505	6	206 (76-448)	333 (122-726)	0	0	0
Malattie dell'apparato digerente	520-579	392	114 (103-126)	112 (101-124)	300	113 (100-126)	112 (100-125)
Malattia epatica cronica e cirrosi	571	25	130 (84-192)	132 (85-194)	15	124 (70-205)	129 (72-213)
Malattie del sistema genitourinario	580-629	152	83 (70-97)	82 (70-96)	244	104 (91-118)	102 (90-116)
Nefrosi	581-583		<3		4	262 (72-672)	250 (68-640)
Insufficienza renale acuta e cronica	584-585	19	67 (40-104)	66 (40-103)	15	65 (36-107)	71 (40-117)
Malformazioni congenite	740-759	24	84 (54-125)	86 (55-128)	20	93 (57-144)	89 (55-138)
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	780-799	125	109 (90-129)	112 (93-133)	99	95 (77-115)	99 (81-121)
Traumatismi e avvelenamenti	800-999	227	97 (84-110)	97 (85-110)	255	108 (95-122)	109 (96-123)

Tabella 6.2. Rapporti standardizzati di ospedalizzazione (SHR) per ciascuna causa di ricovero o gruppo di cause, distinti per sesso e area geotermica e aggiustati per indice di deprivazione (SHR-ID). Periodo 2004-2006.

	Area Sud						Area totale					
	maschi			femmine			maschi			femmine		
	OSS	SHR% (IC95%)	SHR-ID% (IC95%)	OSS	SHR% (IC95%)	SHR-ID% (IC95%)	OSS	SHR% (IC95%)	SHR-ID% (IC95%)	OSS	SHR% (IC95%)	SHR-ID% (IC95%)
1.730	100 (95-105)	101 (96-106)	1945	94 (90-98)	95 (91-99)	2923	102 (98-106)	102 (99-106)	3302	98 (95-102)	99 (96-102)	
67	79 (61-100)	80 (62-101)	56	70 (53-91)	69 (52-89)	134	96 (80-113)	94 (79-111)	110	85 (70-102)	83 (68-100)	
4	116 (31-298)	123 (33-315)		<3		5	88 (28-205)	91 (29-211)		<3		
27	110 (73-161)	114 (75-166)	39	113 (80-154)	112 (80-153)	40	99 (71-135)	101 (72-137)	58	103 (78-133)	100 (76-129)	
368	94 (85-104)	99 (89-110)	434	100 (91-110)	103 (93-113)	624	95 (88-103)	98 (90-106)	731	104 (97-112)	105 (98-113)	
8	86 (37-170)	90 (39-176)	3	68 (14-200)	77 (16-226)	14	91 (49-152)	92 (50-153)	8	112 (48-221)	120 (52-237)	
6	191 (70-415)	188 (69-408)	4	427 (116-1094)	400 (109-1024)	7	133 (53-273)	137 (55-283)	4	264 (72-676)	267 (73-683)	
32	152 (104-214)	136 (93-191)	29	191 (128-274)	161 (108-231)	49	138 (102-182)	130 (96-171)	42	170 (122-229)	153 (110-206)	
34	101 (70-141)	108 (75-151)	25	87 (56-128)	94 (61-139)	56	99 (75-128)	102 (77-133)	48	102 (75-135)	108 (80-143)	
26	127 (83-186)	136 (89-199)	20	122 (74-188)	124 (75-191)	41	120 (86-162)	123 (88-167)	32	119 (82-168)	119 (82-169)	
23	160 (101-239)	160 (101-240)	12	116 (60-202)	111 (57-194)	30	124 (84-177)	125 (84-178)	20	118 (72-183)	111 (68-172)	
6	57 (21-123)	54 (20-117)	6	63 (23-136)	72 (27-157)	18	101 (60-160)	99 (59-156)	12	77 (40-134)	85 (44-148)	
5	74 (24-172)	74 (24-173)	0	0	0	10	89 (42-163)	90 (43-165)		<3		
52	115 (86-151)	122 (91-159)	9	66 (30-126)	73 (33-139)	79	104 (82-130)	109 (86-136)	13	59 (31-101)	63 (33-107)	
0	0	0		<3			<3			<3		
	<3		0	0	0	5	111 (36-259)	127 (41-296)		<3		
6	123 (45-267)	145 (53-315)	3	70 (14-204)	70 (14-204)	11	136 (68-243)	148 (74-265)	6	86 (31-187)	86 (32-188)	
0	0	0	81	106 (84-131)	105 (83-130)	0	0	0	120	96 (80-115)	97 (80-115)	
			16	99 (56-160)	118 (67-191)				29	110 (74-158)	123 (82-177)	
			13	129 (69-220)	126 (67-216)				20	122 (75-189)	119 (73-184)	
33	59 (41-83)	68 (47-95)				53	56 (42-74)	62 (46-81)				
3	158 (32-462)	142 (29-415)				4	129 (35-330)	118 (32-301)				
28	78 (52-113)	79 (53-114)	11	109 (54-195)	121 (60-216)	50	84 (62-110)	84 (62-110)	16	97 (56-158)	100 (57-162)	
16	95 (54-154)	99 (56-160)	7	80 (32-165)	71 (28-146)	25	89 (57-131)	88 (57-130)	11	77 (39-138)	72 (36-129)	
14	134 (73-225)	133 (73-224)	22	169 (106-256)	155 (97-235)	16	92 (53-150)	90 (52-147)	29	137 (92-197)	126 (84-180)	
19	81 (49-126)	89 (54-139)	24	120 (77-178)	125 (80-186)	39	99 (71-136)	104 (74-142)	45	138 (101-185)	139 (102-186)	
11	94 (47-169)	97 (49-174)	12	125 (65-218)	136 (70-238)	19	98 (59-153)	98 (59-153)	21	135 (83-206)	140 (87-214)	
0	0	0		<3			<3		6	249 (91-541)	272 (99-591)	
5	98 (32-230)	109 (35-254)	4	84 (23-214)	89 (24-228)	11	129 (64-231)	136 (68-243)	8	103 (44-202)	108 (47-213)	
3	39 (8-113)	49 (10-141)	8	125 (54-247)	127 (55-250)	10	77 (37-141)	88 (42-161)	19	183 (110-285)	181 (109-283)	
	<3		6	215 (79-468)	222 (82-484)	5	80 (26-186)	96 (31-224)	15	330 (185-545)	306 (171-505)	
3	72 (15-211)	87 (17-253)		<3		5	72 (23-168)	80 (26-186)	4	69 (19-176)	76 (20-195)	
29	125 (84-179)	120 (81-173)	29	121 (81-174)	120 (80-173)	50	129 (96-170)	129 (96-170)	51	131 (97-172)	132 (99-174)	
12	223 (115-390)	193 (100-337)	15	124 (69-204)	103 (58-170)	20	219 (134-338)	201 (123-310)	31	156 (106-221)	138 (93-195)	
174	98 (84-114)	98 (84-113)	211	106 (92-121)	102 (89-117)	275	94 (83-105)	93 (83-105)	329	102 (91-114)	99 (89-110)	
10	256 (123-471)	227 (109-418)	5	85 (28-199)	89 (29-209)	13	199 (106-340)	186 (99-318)	11	115 (57-206)	122 (61-218)	
4	189 (52-485)	200 (54-512)		<3		4	114 (31-291)	108 (29-277)	3	105 (22-305)	107 (22-313)	
0	0	0	6	100 (37-217)	97 (36-211)		<3		11	114 (57-203)	111 (55-199)	
16	120 (68-194)	110 (63-179)	16	120 (69-195)	107 (61-173)	18	81 (48-129)	79 (47-125)	20	92 (56-142)	86 (52-133)	
	<3		0	0	0	3	234 (47-685)	340 (68-992)	0	0	0	
604	99 (90-106)	99 (91-107)	546	91 (84-99)	95 (87-103)	995	97 (91-103)	97 (91-103)	927	95 (89-101)	97 (91-104)	
25	105 (68-155)	115 (75-170)	29	101 (68-145)	101 (67-144)	47	119 (88-159)	125 (92-166)	49	105 (78-139)	105 (78-139)	
93	83 (67-102)	93 (75-114)	66	82 (63-104)	91 (70-115)	159	85 (72-99)	94 (80-109)	110	83 (68-100)	91 (75-109)	
175	90 (78-105)	96 (82-111)	125	94 (78-112)	104 (86-123)	297	92 (82-103)	97 (86-108)	204	94 (82-108)	102 (88-117)	
203	103 (89-118)	99 (86-114)	235	114 (100-130)	112 (98-128)	317	95 (85-106)	92 (82-103)	365	109 (98-120)	107 (96-119)	
408	113 (102-124)	116 (105-128)	339	114 (102-126)	122 (110-136)	658	109 (101-118)	111 (103-120)	496	102 (93-111)	107 (98-117)	
141	117 (98-138)	106 (89-125)	109	110 (90-133)	110 (90-133)	221	109 (95-124)	101 (88-116)	159	98 (83-115)	97 (83-114)	
112	117 (96-141)	106 (87-128)	89	116 (93-143)	115 (92-142)	167	104 (89-121)	96 (82-112)	119	95 (79-114)	94 (78-112)	
68	125 (97-158)	122 (95-155)	70	156 (122-198)	168 (131-212)	105	114 (93-138)	114 (93-138)	101	138 (112-168)	148 (120-180)	
3	141 (28-412)	155 (31-454)	5	498 (161-1163)	502 (162-1172)	4	114 (31-293)	131 (35-336)	5	305 (98-711)	339 (109-791)	
3	39 (8-113)	48 (10-139)	4	42 (11-107)	54 (15-139)	5	39 (13-91)	46 (15-108)	9	58 (26-109)	69 (3-130)	
	<3		0	0	0	8	113 (49-223)	229 (99-450)	0	0	0	
483	92 (84-101)	92 (84-101)	412	96 (87-106)	96 (87-106)	875	101 (94-108)	100 (93-107)	712	103 (95-110)	102 (95-110)	
34	114 (79-159)	124 (86-173)	19	98 (59-153)	121 (73-189)	59	120 (92-155)	127 (97-164)	34	108 (75-151)	125 (86-174)	
312	112 (100-126)	111 (99-124)	328	86 (77-96)	86 (77-96)	464	101 (92-110)	100 (91-109)	572	93 (85-100)	92 (85-100)	
3	77 (16-226)	81 (17-237)		<3		4	62 (17-159)	63 (17-160)	6	151 (55-323)	171 (63-373)	
61	148 (113-190)	150 (115-193)	52	143 (107-188)	153 (114-200)	80	115 (91-143)	115 (91-143)	67	113 (87-143)	121 (94-154)	
38	86 (61-118)	90 (64-124)	24	70 (45-104)	73 (47-109)	62	85 (65-109)	88 (68-113)	44	79 (57-106)	80 (58-107)	
168	97 (83-113)	100 (86-117)	155	93 (79-109)	96 (81-112)	293	102 (90-114)	105 (93-118)	254	94 (83-106)	97 (86-110)	
342	94 (85-105)	98 (87-108)	372	99 (89-110)	102 (92-113)	569	95 (88-103)	97 (89-105)	627	102 (95-111)	105 (97-113)	

Table 6.2. Standardized hospitalization ratios (SHR) for every cause of death or group of causes, differentiated by gender and geothermal area and adjusted for deprivation index (SHR-ID). Years 2004-20006.

Figura 6.54. Tutte le cause: mappa dei BHR. Maschi, periodo 2004-2006.

Figure 6.54. All causes: map of BHR. Men, years 2004-2006.

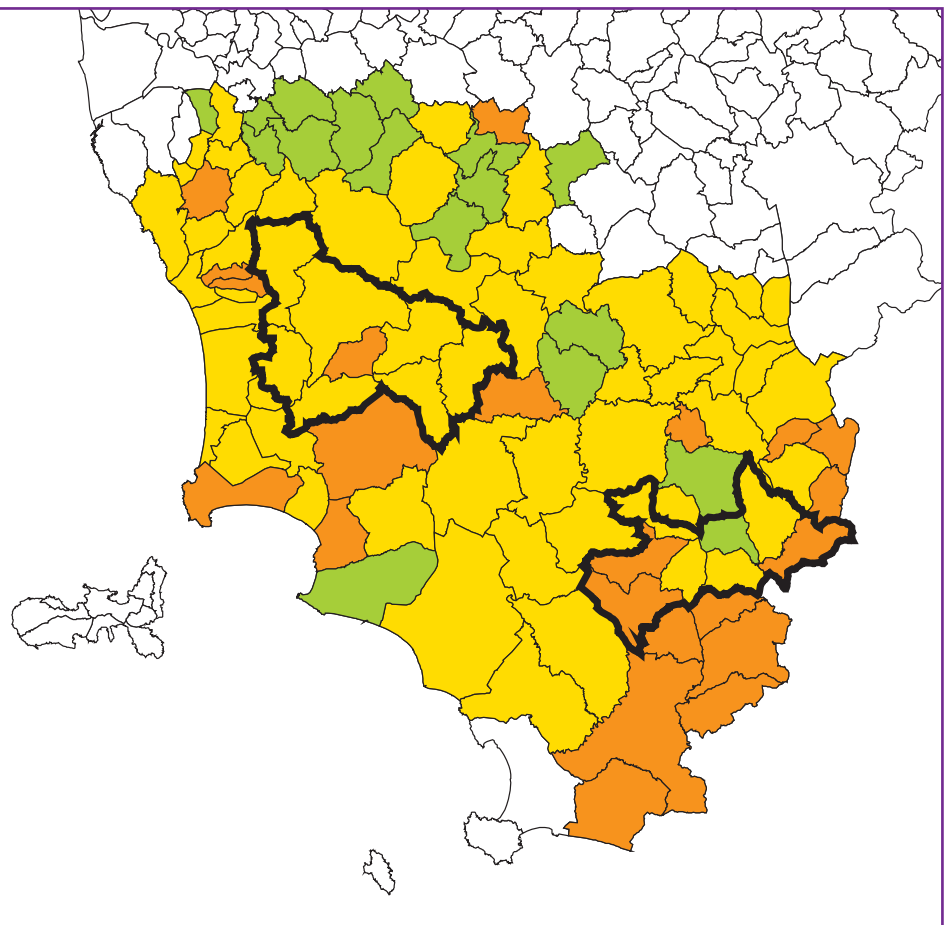
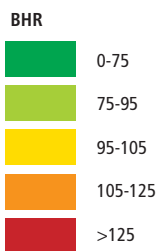
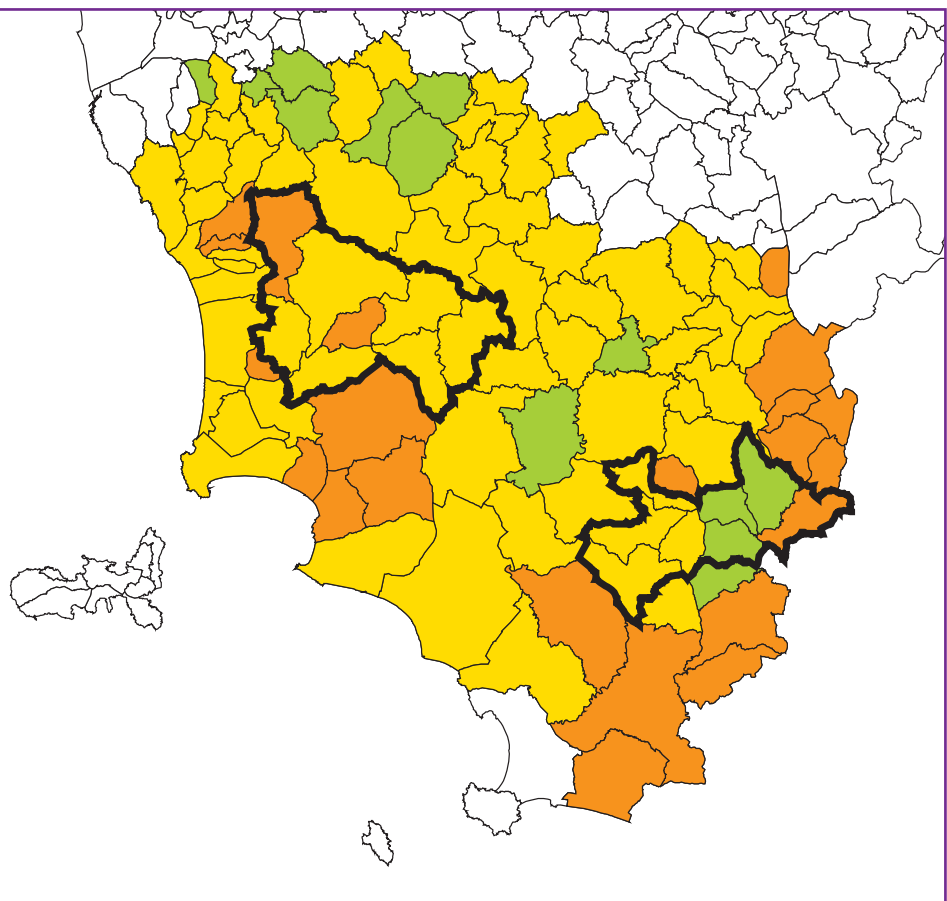
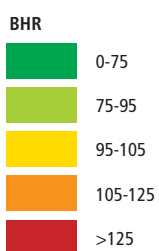


Figura 6.55. Tutte le cause: mappa dei BHR. Femmine, periodo 2004-2006.

Figure 6.55. All causes: map of BHR. Women, years 2004-2006.



Nell'area Nord si osserva un eccesso di ricoverate dell'11%, al limite della significatività statistica, che si riduce al 9% dopo aggiustamento per ID. L'eccesso è emerso sia tra le donne di 35-64 anni (O 124; SHR 112; IC95% 93-133), sia tra le donne con più di 64 anni (O 159; SHR 117; IC95% 99-136).

Nei maschi dell'area Nord si evidenzia un numero di ricoverati leggermente al di sotto del numero atteso, con scostamento non statisticamente significativo.

Nell'area Sud per entrambi i sessi il numero di ricoverati non si discosta in modo significativo dall'atteso.

Le analisi a livello comunale fanno emergere un eccesso statisticamente significativo di ricoverate residenti a Castelnuovo Val di Cecina (O 55; SHR 138; IC95% 104-179), non più significativo dopo l'aggiustamento per ID (SHR-ID 126; IC95% 95-164).

Dalle analisi bayesiane, effettuate per entrambi i generi, emerge una distribuzione del BHR con una struttura spaziale ben visibile (la variabilità spaziale spiega più del 90% della variabilità totale).

Per i maschi si nota una eterogeneità del rischio bayesiano strutturato spazialmente, e alcuni aggregati con BHR più elevato (figura 6.56).

Per le femmine si nota una omogeneità del BHR (figura 6.57, pag. 74). Per entrambi i sessi, pochi comuni hanno eccessi di ricoverati. Nessun comune in studio presenta un BHR statisticamente significativo.

Tumori maligni delle labbra, della cavità orale, della faringe (ICD-9: 140-149)

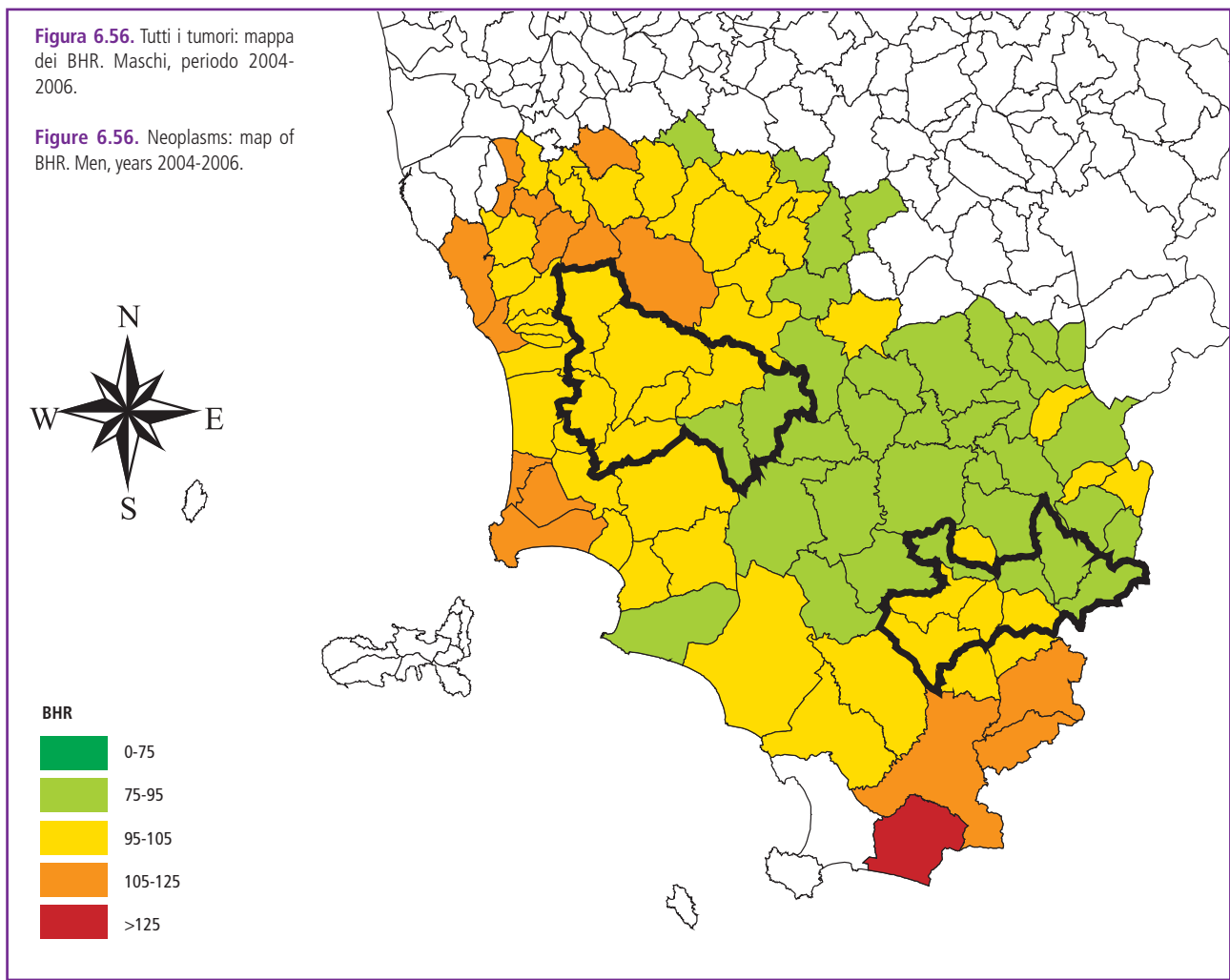
In entrambe le aree gli stimatori di rischio non risultano statisticamente significativi. Gli SHR risultano imprecisi in quanto basati su un numero esiguo di ricoverati.

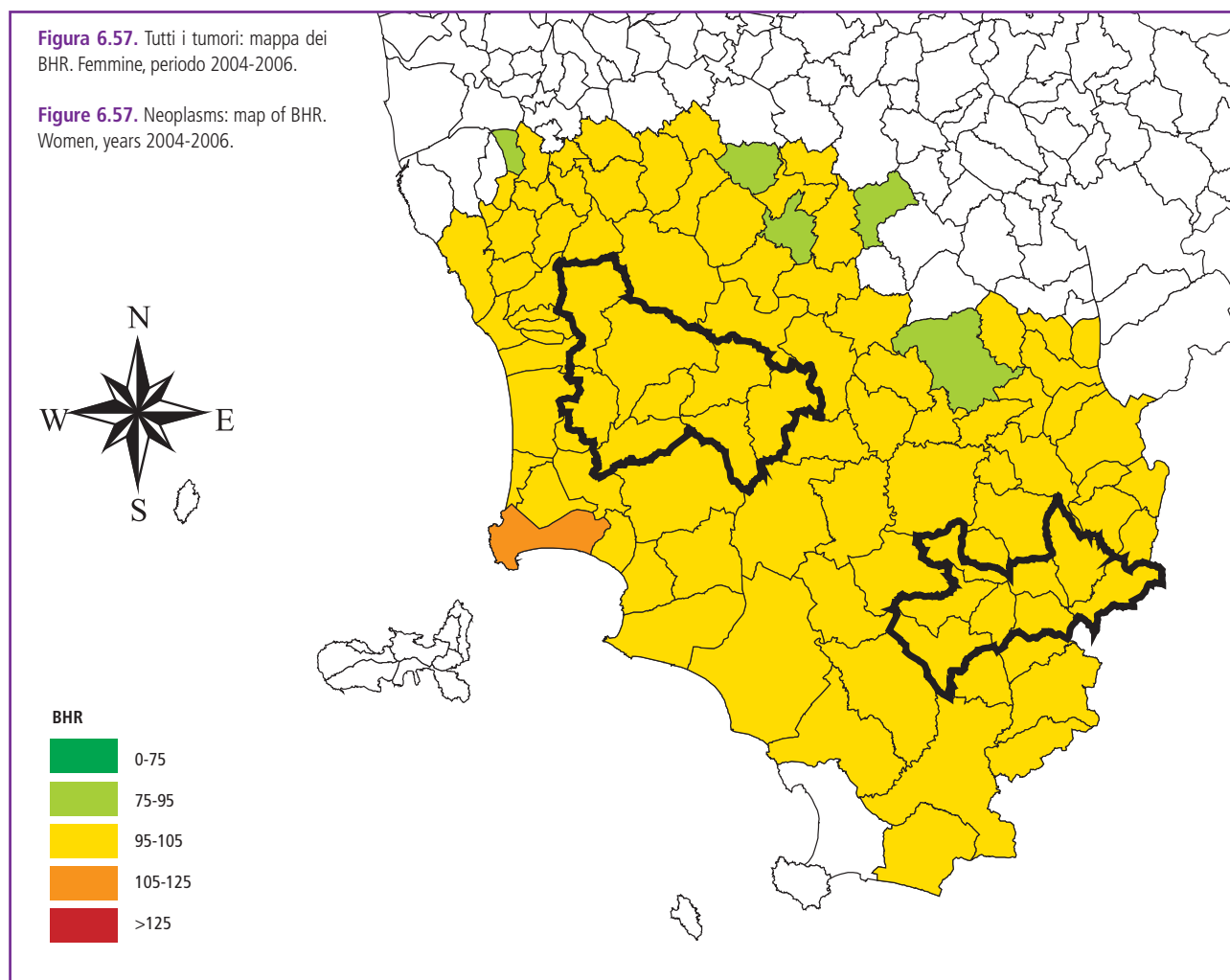
L'unico elemento degno di nota è emerso nell'area Nord, dove le donne ricoverate sono in eccesso non statisticamente significativo rispetto all'atteso.

Tumori maligni dell'esofago (ICD-9: 150)

Il numero di ricoverati osservati nel periodo 2004-2006 è esiguo in entrambe le aree e la maggior parte dei casi sono stati osservati nell'area Sud, dove in entrambi i sessi si riscontrano eccessi di ricoverati.

Le ricoverate sono risultate in eccesso statisticamente significativo del 327% rispetto all'atteso, risultato che non si modifica sostanzialmente dopo aggiustamento per ID.





Le analisi per classi di età mostrano che 3 dei 4 casi totali sono tra donne di età 35-64 anni, che dà luogo a un eccesso statisticamente significativo (O 3; SHR 1669; IC95% 310-4.384).

Nei maschi si osserva un eccesso non statisticamente significativo rispetto al valore atteso. Tutti i casi osservati hanno una età maggiore di 64 anni.

Dalle analisi a livello comunale non si evidenziano comuni con risultati significativi.

Tumori maligni dello stomaco (ICD-9: 151)

Considerando l'area totale si osserva un eccesso di ricoverati non statisticamente significativo e un eccesso significativo di ricoverate del 70%, ridotto al 53% dopo standardizzazione per ID, che permane statisticamente significativo. L'analisi per classi di età ha messo in evidenza che gli eccessi sono presenti solo tra i residenti anziani (65 anni e oltre) di entrambi i sessi (M: O 44; SHR 148; IC95% 108-199; F: O 39; SHR 183; IC95% 130-250). I ricoverati per tumore dello stomaco risultano in eccesso in entrambe le aree ma gli eccessi sono statisticamente significativi solo nell'area Sud.

Nell'area Sud i maschi ricoverati sono il 52% in più ri-

spetto ai ricoverati attesi e le femmine il 91% in più rispetto all'atteso. L'aggiustamento per ID riduce significativamente le stime portandole a +36% nei maschi, risultato non più statisticamente significativo, e +61% nelle femmine, risultato ancora statisticamente significativo. L'analisi per classi di età ha rilevato eccessi significativi tra gli ultra 65enni di entrambi i sessi (M: O 29; SHR 165; IC95% 110-237; F: O 27; SHR 207; IC95% 137-302).

A livello comunale risultano eccessi statisticamente significativi di ricoverati tra i maschi residenti ad Abbadia San Salvatore (O 11; SHR 204; IC95% 102-364). L'eccesso si riduce e perde la significatività statistica dopo aggiustamento per ID. Tra le femmine risulta un eccesso statisticamente significativo ad Arcidosso (O 7; SHR 294; IC95% 118-606), che si riduce e perde la significatività statistica dopo l'aggiustamento per ID.

Dalle analisi bayesiane si evidenzia una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiega più del 90% della variabilità totale in entrambi i sessi) (figure 6.58 e 6.59, pag. 75). Si nota un andamento spaziale dell'indicatore bayesiano con un gradiente Ovest-Est, più marcato nelle femmine. Tutti i comuni dell'area Sud pre-

Figura 6.58. Tumori maligni dello stomaco: mappa dei BHR. Maschi, periodo 2004-2006.

Figure 6.58. Malignant neoplasm of stomach: map of BHR. Men, years 2004-2006.

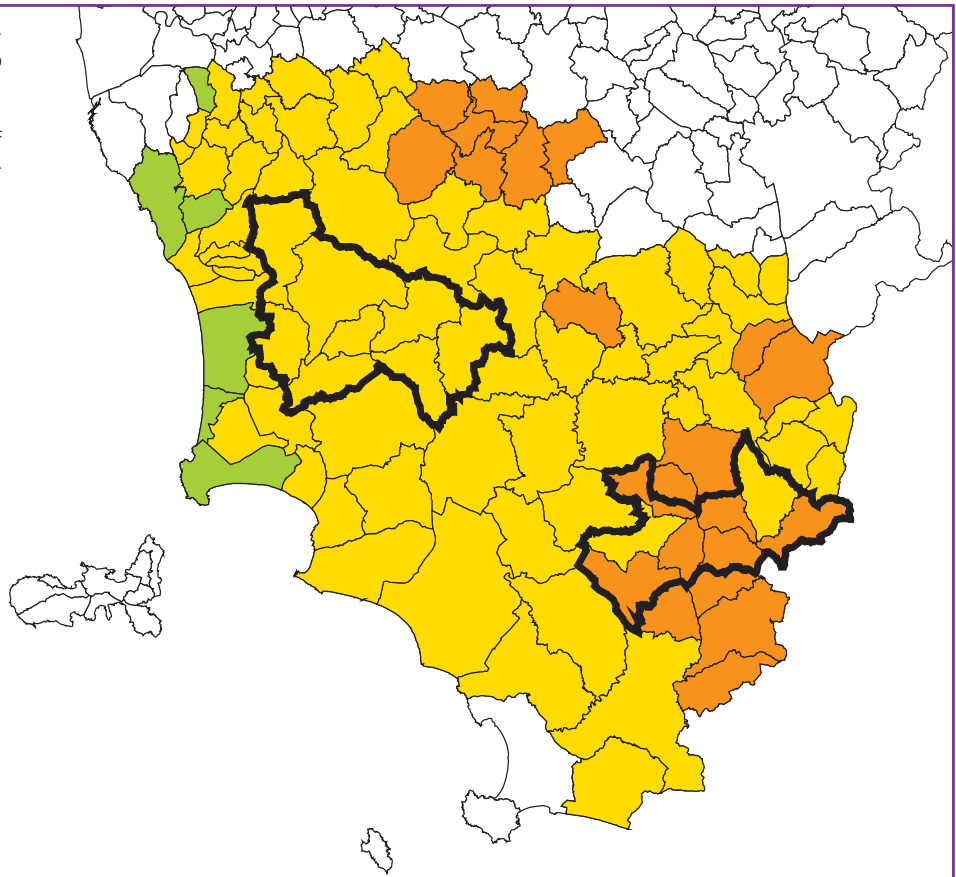
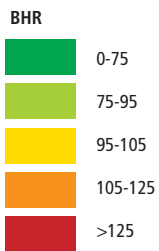
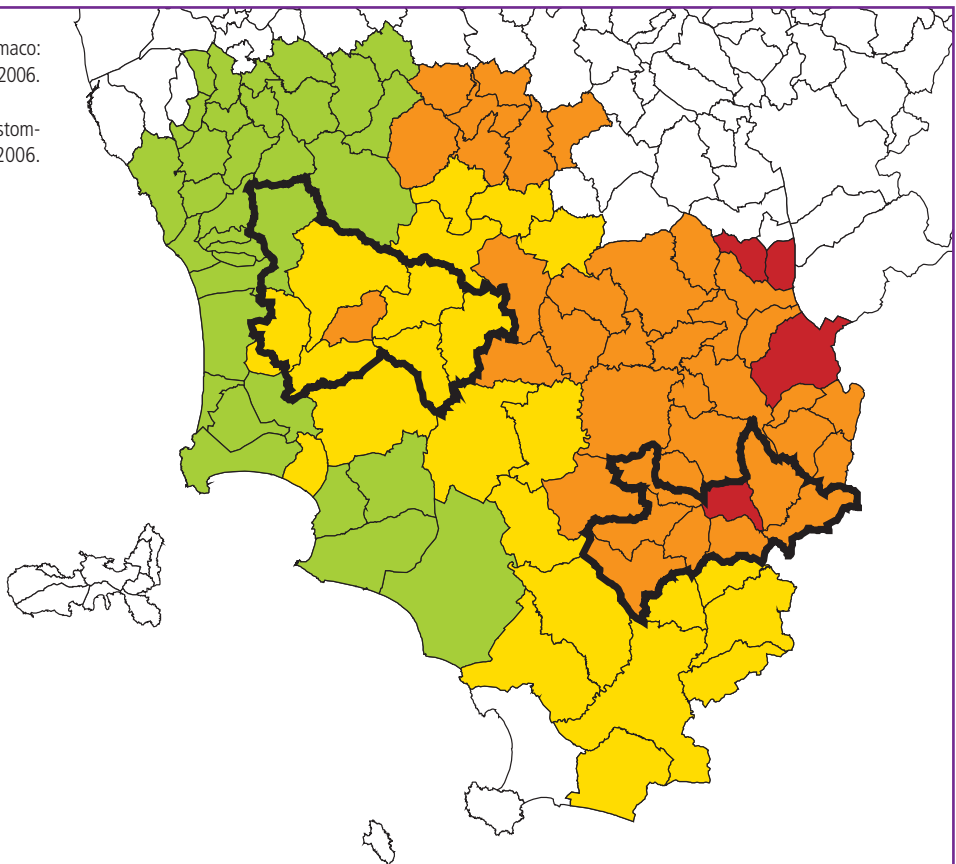
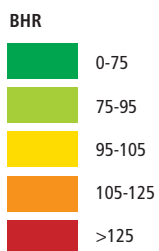


Figura 6.59. Tumori maligni dello stomaco: mappa dei BHR. Femmine, periodo 2004-2006.

Figure 6.59. Malignant neoplasm of stomach: map of BHR. Women, years 2004-2006.



sentano BHR maggiori di 100 ma nessuno degli indicatori bayesiani risulta statisticamente significativo.

Tumori maligni del colon (ICD-9: 153)

Nel periodo 2004-2006, in entrambe le aree geotermiche e in entrambi i generi, non si rilevano né eccessi né difetti statisticamente significativi, anche se i valori dell'SHR tendono a essere più elevati tra i maschi dell'area geotermica Sud e tra le femmine dell'area geotermica Nord.

Tumori maligni del retto (ICD-9: 154)

Nella totalità dell'area geotermica risulta un numero di ricoverati per entrambi i sessi in eccesso non statisticamente significativo.

Nell'area Nord si evidenziano eccessi non statisticamente significativi in entrambi i sessi: nei maschi l'eccesso è lievemente più elevato rispetto alle femmine.

Nell'area Sud gli eccessi sono più marcati rispetto all'area Nord, anche se non risultano statisticamente significativi. Dalle analisi a livello comunale non si evidenziano comuni con risultati significativi.

Tumori maligni del fegato e della colecisti e dei dotti biliari (ICD-9: 155-156)

Per la totalità dell'area geotermica si evidenziano in entrambi i sessi eccessi di ospedalizzazione non statisticamente significativi. Da notare che circa il 70% dei ricoverati maschi è residente nell'area Sud.

Nell'area Nord si evidenzia un numero di ricoverati in difetto non statisticamente significativo per i maschi rispetto al valore atteso e in eccesso non statisticamente significativo per le donne. L'analisi degli SHR per classi di età mette in evidenza un forte eccesso per le femmine residenti nell'Area Nord con età 35-64 anni (O 4; SHR 492; IC95% 136-1280), anche se tale stima risulta imprecisa.

Nei maschi dell'area Sud risulta un eccesso statisticamente significativo pari al 60% rispetto ai ricoverati attesi. L'analisi per classi di età evidenzia che tale eccesso è pronunciato per i ricoverati di 35-64 anni (O 6; SHR 176; IC95% 65-384), e tra i ricoverati oltre i 64 anni (O 17; SHR 154; IC95% 90-247).

Nell'area Sud si osserva un eccesso di ricoverate non statisticamente significativo.

Dalle analisi a livello comunale non emergono comuni con risultati significativi.

Tumori maligni del pancreas (ICD-9: 157)

Nell'insieme dell'area geotermica si osserva un numero di ricoverati maschi pari a quelli attesi, e uno scostamento in difetto di donne ricoverate rispetto al valore atteso, con SHR non statisticamente significativo.

Nell'area Nord si osserva un eccesso di ricoverati maschi non statisticamente significativo. Per le femmine si osserva un numero di ricoverate in linea con l'attesa.

Nell'area Sud si evidenziano scostamenti in difetto di ricoverati osservati rispetto agli attesi in entrambi i sessi che non risultano statisticamente significativi.

Dalle analisi a livello comunale emergono eccessi statisticamente significativi tra i maschi residenti a Castelnuovo Val di Cecina (O 4; SHR 374; IC95% 102-956), e a Chiusdino (O 4; SHR 491; IC95% 134-1257). Dalle analisi aggiustate per ID si osserva che solo l'eccesso di Chiusdino permane statisticamente significativo (Castelnuovo Val di Cecina: SHR-ID 304; IC95% 83-779; Chiusdino: SHR-ID 562; IC95% 153-1438).

Dalle analisi bayesiane a livello comunale, effettuate sui ricoverati maschi, si evidenzia una bassa eterogeneità spaziale degli eccessi. Il BHR è per la maggior parte dei comuni intorno a 100. Nessun comune in studio presenta l'indicatore bayesiano in eccesso statisticamente significativo.

Tumori maligni della laringe (ICD-9: 161)

Gli SHR risultano imprecisi in quanto basati su un numero esiguo di ricoverati, quasi tutti maschi.

In entrambe le aree geotermiche non si rilevano né eccessi né difetti statisticamente significativi, anche se i valori dell'SHR tendono a essere più elevati tra i maschi dell'area Nord.

Tumori maligni della trachea, dei bronchi e del polmone (ICD-9: 162)

Considerando l'area totale si osserva un numero di ricoverati, tra i maschi, in linea con i valori attesi e, tra le femmine, un 41% in meno rispetto all'atteso, ai limiti della significatività statistica. Le analisi corrette per ID non modificano in modo sostanziale i risultati. Da notare che l'86% dei ricoverati è osservato tra i maschi.

Nell'area Nord risultano lievi difetti non statisticamente significativi per entrambi i sessi.

Nell'area Sud tra i maschi residenti si evidenzia un eccesso di ricoverati; tra le femmine risulta uno scostamento in difetto; entrambi i risultati non sono sostenuti dalla significatività statistica.

Dalle analisi a livello comunale non emergono comuni con risultati significativi.

Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (ICD-9: 171)

I pochi casi presenti nel periodo in studio sono di sesso maschile. Tutti gli SHR presenti in **tabella 6.2** (pagg. 70-71) risultano molto imprecisi a causa del numero esiguo di ricoverati osservati. Da segnalare un eccesso non significativo tra i maschi dell'area geotermica Nord.

Melanoma maligno della cute (ICD-9: 172)

Il numero di ricoverati osservati è esiguo in entrambe le aree e per tale motivo risultano SHR con intervalli di confidenza molto ampi. Seppure in assenza di significatività

statistica, si segnala la presenza di eccessi di ricoverati maschi in entrambe le aree.

Tumori maligni dell'utero (ICD-9: 179-180,182)

Nell'area geotermica totale si nota un eccesso non statisticamente significativo.

In entrambe le aree geotermiche si rileva un eccesso non statisticamente significativo, più evidente nell'area geotermica Nord rispetto a quella Sud.

Dalle analisi a livello comunale non si evidenziano comuni con difetti o eccessi significativi.

Tumori maligni dell'ovaio e di altri annessi uterini (ICD-9: 183)

Nell'area geotermica totale risulta un eccesso non significativo che risente della maggiore frequenza di ricoverate nell'area Sud pari al 65% del totale delle ricoverate nell'intera area geotermica.

Nell'area Nord emerge un lieve eccesso non statisticamente significativo di ricoverate rispetto al valore atteso.

Le analisi a livello comunale non mostrano risultati significativi.

Tumori maligni della prostata (ICD-9: 185)

Nell'area geotermica complessiva il numero di ricoverati è del 33% in meno rispetto al valore atteso, 38% dopo aggiustamento per ID, con entrambe le stime statisticamente significative.

In entrambe le aree risulta un numero di ricoverati in difetto statisticamente significativo rispetto all'atteso: nell'area Nord il numero di ricoverati è in difetto del 47% rispetto al valore atteso, percentuale che rimane pressoché costante dopo aggiustamento per ID; nell'area Sud il numero di ricoverati è del 41% in meno rispetto al numero atteso, che diminuisce al 32% dopo correzione per ID.

Le analisi a livello comunale non mostrano risultati significativi.

Tumori maligni della vescica (ICD-9: 188)

Nell'area geotermica totale si evidenzia un numero di ricoverati osservati in linea con il numero atteso, che rimane pressoché invariato dopo aver aggiustato per ID.

Nell'area Nord i ricoverati risultano in difetto non statisticamente significativo rispetto al numero atteso per entrambi i sessi.

Nell'area Sud risulta un difetto di ricoverati maschi non statisticamente significativo, e un eccesso di ricoverate femmine, anch'esso non significativo, che subisce un modesto aumento dopo aggiustamento per ID, senza però raggiungere la significatività statistica.

Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (ICD-9: 189)

In entrambe le aree geotermiche e in entrambi i generi, si osservano scostamenti in difetto non statisticamente si-

gnificativi. Tra i comuni, si rileva un solo eccesso tra i maschi di Piancastagnaio (O 7; SHR 282; IC95% 113-580), anche se con l'aggiustamento per ID si perde la significatività statistica (SHR-ID 244; IC95% 98-503). Il BHR nel comune di Piancastagnaio non conferma l'eccesso evidenziato dall'analisi classica.

Tumori del sistema nervoso centrale (ICD-9: 191,192, 225, 239.6)

Nell'area geotermica Nord si rileva un numero di donne ricoverate per tumore del sistema nervoso centrale in difetto non significativo rispetto al numero atteso, mentre il numero dei casi tra i maschi è troppo modesto per consentire calcoli affidabili dell'SHR. Al contrario, nell'area Sud si osservano eccessi di ricoverati in entrambi i sessi. In particolare, tra le femmine l'eccesso di ricoverate è statisticamente significativo (+69%), anche se dopo aggiustamento per ID diminuisce (+55%), arrivando ai limiti della significatività statistica. Dalle analisi per classi di età emerge che tale eccesso è ascrivibile perlopiù alle donne con età 35-64 anni (O 11; SHR 251; IC95% 125-447). Tra i maschi l'eccesso di ricoverati non è statisticamente significativo.

Nell'area totale i risultati ottenuti sono influenzati da quanto osservato nell'area Sud, in quanto la maggior parte dei ricoverati è residente nell'area meridionale. L'unica nota aggiuntiva è la perdita della significatività statistica dell'eccesso emerso per le ricoverate dell'area Sud.

A livello comunale si rileva un eccesso forte e statisticamente significativo per le donne residenti nel comune di Santa Fiora (O 6; SHR 408; IC95% 150-888; SHR-ID 388; IC95% 142-844). Il BHR a Santa Fiora non conferma l'eccesso evidenziato dalle analisi classiche.

Tumori maligni del tessuto linfoematopoietico (ICD-9: 200-208)

Nell'area totale si osserva un numero di ricoverati in linea con il numero atteso. Per le donne si evidenzia un eccesso statisticamente significativo del 38% di ricoverate, che rimane pressoché inalterato dopo correzione per ID. Stratificando per classi di età si evidenzia che tale eccesso di ricoverati è maggiormente riconducibile a un eccesso di ospedalizzazione tra le donne di età oltre 64 anni (O 33; SHR 141,5; IC95% 97,5-198,9).

Nell'area Nord per i maschi residenti risulta un eccesso non statisticamente significativo di ricoverati rispetto all'atteso. Per le donne si evidenzia un eccesso del 67% di ricoverate, statisticamente significativo, che si riduce al 60% dopo correzione per ID, ai limiti della significatività. Dalle analisi per classi di età emerge un eccesso del 111% di ricoverate di età oltre 64 anni (O 19; SHR 211; IC95% 127-330).

Nell'area Sud si rilevano SHR non significativi, tendenzialmente in difetto nei maschi e in eccesso nelle femmine. Dalle analisi comunali emergono eccessi significativi per i maschi residenti a Monterotondo Marittimo (O 5; SHR 408; IC95% 132-953) e per le femmine residenti a Poma-

rance (O 13; SHR 282; IC95% 150-483). Tali stime restano statisticamente significative malgrado il fatto che si riducano dopo aggiustamento per ID.

Le analisi bayesiane effettuate per entrambi i sessi mostrano una bassa eterogeneità spaziale del rischio. Il BHR è per la maggior parte dei comuni intorno a 100. Nessun comune in studio presenta l'indicatore bayesiano in eccesso statisticamente significativo.

Linfomi non-Hodgkin (ICD-9: 200,202)

I risultati ottenuti sull'area totale sono in linea con quelli evidenziati in entrambe le sottoaree.

In entrambe le aree geotermiche, tra le femmine si registra un eccesso non significativo di ricoveri, mentre tra i maschi i casi osservati sono sovrapponibili a quelli attesi.

Nel comune di Monterotondo Marittimo si evidenzia un eccesso di maschi ricoverati statisticamente significativo (O 3; SHR 501; IC95% 103-1464), confermato anche dopo aggiustamento per ID. Tale eccesso non è confermato dalle analisi bayesiane.

Malattia di Hodgkin (ICD-9: 201)

Per la scarsa numerosità della casistica, stime affidabili dell'SHR sono praticabili solo per l'area geotermica complessiva. In questa si registra un eccesso di ricoverate per malattia di Hodgkin del 172%, ai limiti della significatività statistica dopo aggiustamento per ID, mentre il numero dei casi tra i maschi è troppo piccolo per poter calcolare SHR affidabili. L'eccesso tra le femmine appare un po' più evidente nell'area geotermica Nord, dove si riscontra un surplus di ricoverate statisticamente significativo del 333% in più rispetto al valore atteso, ridotto al 260% dopo correzione per ID (ai limiti della significatività statistica). Tutti i casi osservati hanno un'età maggiore di 64 anni. Dalle analisi a livello comunale non emergono risultati significativi.

Mieloma multiplo e neoplasie immunoproliferative (ICD-9: 203)

Considerando l'area totale si osserva un eccesso non statisticamente significativo di ricoverati di sesso maschile. Per le femmine si evidenzia una ospedalizzazione in linea con quella dell'area di riferimento.

Nell'area Nord risultano eccessi di ricoverati non statisticamente significativi sia nei maschi sia nelle femmine, che rimangono pressoché costanti dopo aggiustamento per ID. Nell'area Sud si osserva un numero di maschi ricoverati in linea con il valore atteso. Le ricoverate risultano in difetto non statisticamente significativo rispetto al numero atteso. Le analisi a livello comunale non evidenziano risultati significativi.

Leucemie (ICD-9: 204-208)

Nell'intera area geotermica gli uomini ricoverati sono in difetto non statisticamente significativo rispetto al valore atteso. Le donne ricoverate risultano in eccesso statisticamente

significativo dell'82%, inalterato dopo aggiustamento per ID. Stratificando per età si evince che l'eccesso sopracitato è dovuto principalmente a un numero di ricoverati in eccesso statisticamente significativo sia per le donne di età minore di 35 anni (O 3; SHR 499; IC95% 103-1461), sia per le donne di età maggiore di 64 anni (O 15; SHR 182; IC95% 102-302).

Nell'area Nord risulta un eccesso non statisticamente significativo di maschi ricoverati. Per le femmine risulta un eccesso statisticamente significativo del 173% che si riduce al 162% dopo standardizzazione per ID. Stratificando per età si nota che l'eccesso sopracitato è dovuto principalmente a un numero di ricoverate in eccesso statisticamente significativo nella fascia d'età oltre 64 anni (O 10; SHR 314; IC95% 150-575).

Nell'area Sud non si rilevano SHR significativi, anche se tra i maschi il valore tende al difetto e tra le femmine all'eccesso. Dalle analisi a livello comunale risultano eccessi per gli uomini residenti a Monterotondo Marittimo (O 3; SHR 733; IC95% 151-2144) ed eccessi per le donne residenti a Pomarance (O 8; SHR 547 IC95% 236-1077). Dopo l'aggiustamento delle stime per ID si confermano eccessi statisticamente significativi, ma con SHR-ID ridotti.

Dalle analisi bayesiane, effettuate per entrambi i sessi, emerge una bassa eterogeneità spaziale del rischio. Il BHR è per la maggior parte dei comuni intorno a 100, e nessun comune in studio presenta l'indicatore bayesiano in eccesso statisticamente significativo.

Leucemie linfoidi acute e cronica (ICD-9: 204)

Nell'intera area geotermica i maschi ricoverati sono in difetto non statisticamente significativo rispetto al valore atteso. Le donne ricoverate risultano in eccesso del 230% statisticamente significativo, che diminuisce al 206% dopo aggiustamento per ID, ma pur sempre statisticamente significativo. Stratificando per età si nota che l'eccesso sopracitato è dovuto principalmente a un numero di ricoverati in eccesso statisticamente significativo sia per le donne di età minore di 35 anni (O 3; SHR 677; IC95% 155-2192) sia per le donne di età maggiore di 64 anni (O 11; SHR 298; IC95% 148-532).

Nell'area Nord risulta un eccesso di uomini ricoverati non statisticamente significativo e basato su un numero esiguo di casi. Per le femmine risulta un eccesso statisticamente significativo del 414% che si riduce al 309% dopo standardizzazione per ID, pur rimanendo statisticamente significativo. Stratificando per età si nota che l'eccesso sopracitato è dovuto principalmente a un numero di casi in eccesso statisticamente significativo tra le donne con età maggiore o uguale a 65 anni (O 8; SHR 561; IC95% 247-1126). Nell'area Sud, per i maschi residenti risulta un numero di ricoverati in difetto rispetto al numero atteso e per le femmine risulta un eccesso; entrambi i risultati non sono statisticamente significativi.

Dalle analisi comunali risulta un eccesso forte e statistica-

mente significativo di donne ricoverate tra le residenti a Pomarance (O 7; SHR 1099; IC95% 441-2264; SHR-ID 759; IC95% 305-1562).

Dalle analisi bayesiane effettuate per le ricoverate si evidenzia una eterogeneità dell'indicatore bayesiano con la presenza nel territorio in studio di alcuni aggregati comunali caratterizzati da eccessi (figura 6.60). Tra i comuni con BHR più elevato c'è Pomarance (BHR 196), ma nessun comune in studio presenta l'indicatore bayesiano in eccesso statisticamente significativo.

Leucemia mieloide (acuta e cronica) (ICD-9: 205)

Il numero di ricoverati osservato è esiguo in entrambe le aree e per tale motivo risultano SHR con intervalli di confidenza molto ampi. Si segnala uno scostamento in difetto non statisticamente significativo di ricoverati nell'intera area geotermica.

Diabete mellito (ICD-9: 250)

In entrambe le aree geotermiche, sia tra i maschi sia tra le femmine si registra un eccesso di ricoverati per diabete mellito rispetto ai residenti dei comuni limitrofi, anche se mai si raggiunge la significatività statistica. I valori degli eccessi sono più elevati nell'area geotermica Nord.

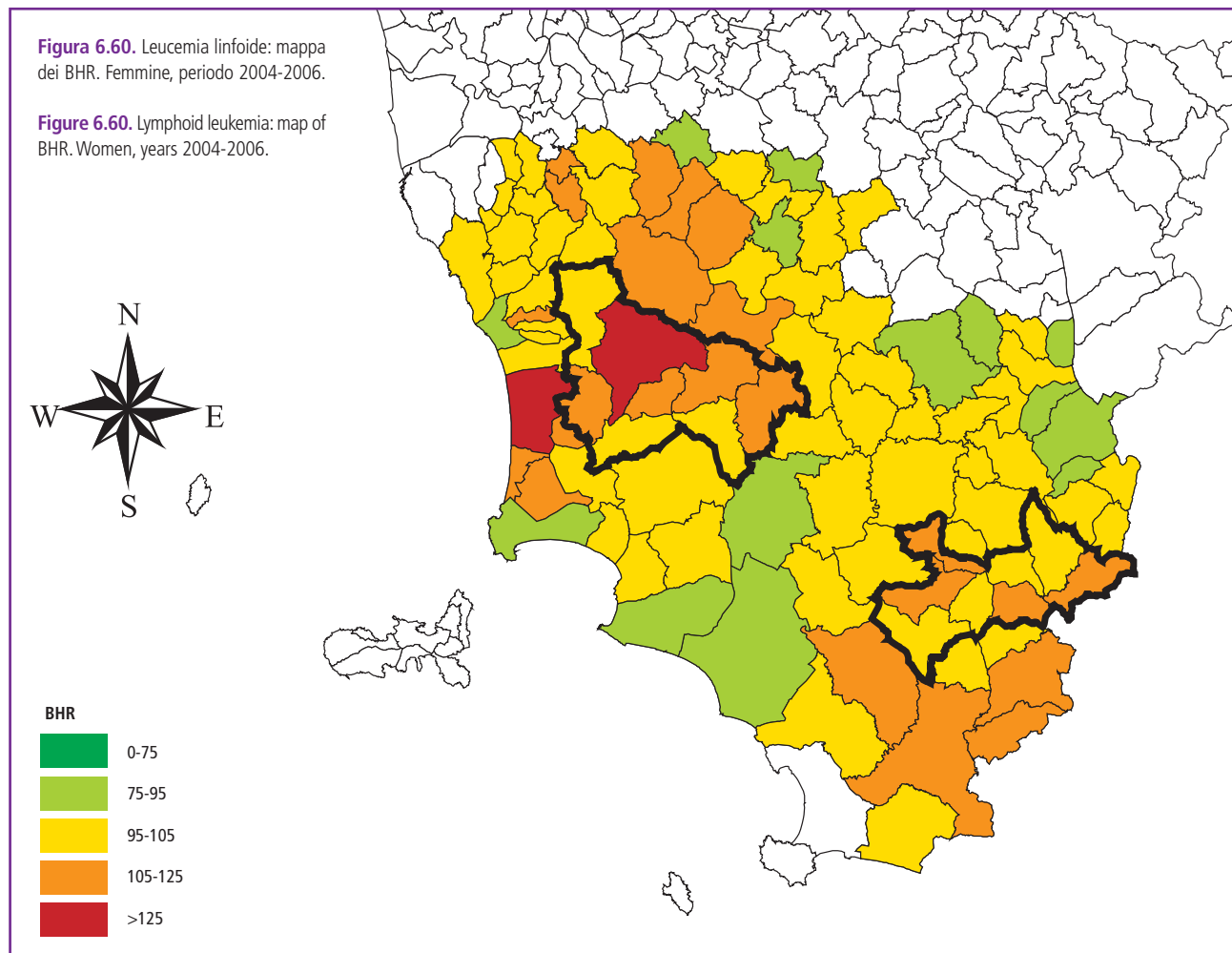
Le analisi a livello comunale mostrano eccessi di ricoverati statisticamente significativi per i maschi residenti a Castel del Piano (O 9; SHR 236; IC95% 108-448) e a Piancastagnaio (O 9; SHR 258; IC95% 118-489) e per le femmine residenti a Montecatini Val di Cecina (O 6; SHR 368; IC95% 134-801) e ad Abbadia San Salvatore (O 13; SHR 213; IC95% 113-364). Le stime effettuate tramite SHR-ID non modificano significativamente i risultati sopra riportati.

Dalle analisi bayesiane risultano eccessi non significativi per i residenti nei comuni sopra citati.

Demenze (ICD-9: 290,331.0-331.2)

Nell'area geotermica totale le femmine mostrano un eccesso di ricoverate statisticamente significativo del 119% rispetto al valore atteso, 101% dopo correzione per ID. Per i maschi risulta un eccesso di ricoverati statisticamente significativo del 56% in più rispetto al valore atteso, che correggendo per ID si riduce e non risulta più statisticamente significativo. Nell'area Nord, per le femmine residenti risultano SHR e SHR-ID statisticamente significativi con un eccesso di ricoverati del 106% rispetto al valore atteso, pressoché invariato dopo correzione per ID.

Le analisi stratificate per classi di età mostrano che il risul-



tato sopracitato è riconducibile a un eccesso di ricoveri tra le femmine con più di 65 anni (O 15; SHR 200; IC95% 112-330). Per i maschi risulta un eccesso non statisticamente significativo del 113% rispetto al valore atteso.

Nell'area Sud i ricoverati maschi risultano in eccesso statisticamente significativo del 123% rispetto al valore atteso, che diminuisce al 93%, senza perdere la significatività statistica, dopo la correzione delle stime per ID.

Dalle analisi per classi di età si evidenziano eccessi di ricoverati per gli uomini di età compresa tra 35 e 64 anni (O 3; SHR 658; IC95% 124-1.753) e superiore a 64 anni (O 9; SHR 184; IC95% 84-349).

Per le femmine residenti nell'area Sud risulta un numero di ricoverate in linea con l'atteso.

Dalle analisi comunali emerge un eccesso di ricoverate tra le donne residenti a Pomarance (O 8; SHR 289; IC95% 125-570; SHR-ID 268; IC95% 115-528) e di ricoverati tra i maschi residenti a Santa Fiora (O 4; SHR 565; IC95% 152-1.446; SHR 459; IC95% 123-1.174). L'analisi bayesiana conferma gli eccessi sopra riportati, perdendo però la significatività statistica.

Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso (ICD-9: 320-389)

In tutte le aree geotermiche e in entrambi i generi il numero di ricoverati è in linea con quello atteso.

Dalle analisi a livello comunale non si evidenziano risultati di particolare interesse.

Morbo di Parkinson (ICD-9: 332)

Il numero di ricoverati osservati è esiguo in entrambe le aree e per tale motivo risultano SHR con intervalli di confidenza molto ampi. Da notare nell'area Sud un eccesso di uomini ricoverati statisticamente significativo pari al 156% in più rispetto al valore atteso, percentuale che si attesta intorno al 117% dopo aver corretto le stime per ID, pur rimanendo statisticamente significativa.

Dalle analisi stratificate per classi di età risulta un eccesso di ricoverati tra i maschi con più di 64 anni di età (O 9; SHR 316; IC95% 147-610).

Dalle analisi a livello comunale emergono eccessi di ricoverati maschi residenti ad Arcidosso (O 3; SHR 530; IC95% 107-1.550; SHR-ID 423; IC95% 85-1.235), a Roccalbegna (O 3; SHR 1.324 IC95% 266-3.868; SHR-ID 1.511; IC95% 304-4.415) e a Santa Fiora (O 3; SHR 623; IC95% 125-1.821; SHR-ID 469; IC95% 94-1.370).

Le analisi bayesiane a livello comunale non confermano gli eccessi sopra evidenziati.

Malattia del motoneurone (ICD-9: 335.2)

Nel complesso dell'area geotermica, in entrambi i generi non si evidenziano scostamenti significativi dell'SHR. La scarsa numerosità dei casi non consente un'analisi affidabile degli SHR distinti per aree geografiche, anche se in quella Sud si riscontra tra i maschi un eccesso non significativo.

Malattie del sistema circolatorio (ICD-9: 390-459)

In tutte le aree geotermiche, sia nei maschi sia nelle femmine, si osserva un numero di ricoverati in linea con l'atteso. Solo tra le femmine dell'area geotermica Sud si rileva un difetto statisticamente significativo rispetto al valore atteso, difetto che si riduce ai limiti della significatività statistica mediante l'uso di SHR-ID.

Le stime a livello comunale non fanno emergere comuni con eccessi o difetti significativi.

Malattia ipertensiva (ICD-9: 401-405)

Nell'intera area geotermica i ricoverati maschi risultano in eccesso non statisticamente significativo. Per le femmine residenti nella stessa area si osserva una ospedalizzazione in linea con quella di riferimento.

Nell'area Nord, per entrambi i generi, risulta un eccesso di ricoverati non statisticamente significativo rispetto al valore atteso. Nell'area Sud, in entrambi i sessi, i ricoverati risultano in linea con il numero atteso.

Dalle analisi a livello comunale emerge un eccesso di ricoverati tra i maschi residenti a Montieri (O 5; SHR 407; IC95% 131-951; SHR-ID 485; IC95% 156-1.132). Tale eccesso non è confermato dalle analisi bayesiane.

Infarto miocardico acuto della parete enterolaterale (ICD-9: 410)

In entrambe le aree si osserva un numero di ricoverati in difetto non statisticamente significativo rispetto al numero atteso.

L'analisi a livello comunale evidenzia un eccesso di ricoverati per i maschi residenti a Montieri (O 12; SHR 196; IC95% 101-343; SHR-ID 217; IC95% 112-379).

Dai risultati delle analisi bayesiane risulta che tale eccesso non è più statisticamente significativo.

Malattie ischemiche del cuore (ICD-9: 410-414)

In entrambe le aree si osserva uno scostamento in difetto non statisticamente significativo rispetto al numero atteso. Le analisi a livello comunale mostrano un eccesso di ricoverati tra i maschi residenti a Montieri (O 18; SHR 174; IC95% 103-274). Tale eccesso rimane pressoché costante dopo la correzione delle stime per ID.

Dai risultati delle analisi bayesiane risulta che tale eccesso non è più statisticamente significativo.

Disturbi circolatori dell'encefalo (ICD-9: 430-438)

Nel complesso dell'area geotermica si osserva un numero di donne ricoverate in linea con il numero atteso e un numero di uomini ricoverati in eccesso, ma non supportato da significatività statistica.

Nell'area Nord si osserva una frequenza di ricoverati tra gli uomini in difetto statisticamente significativo del 18% rispetto al valore atteso; per le femmine le ricoverate sono in linea con l'atteso.

Nell'area Sud per i maschi si osserva una ospedalizzazione in linea con quella di riferimento, mentre per le donne risulta un eccesso statisticamente significativo di ricoverate pari al 14% rispetto al valore atteso, che scende a 12%, ai limiti della significatività statistica, dopo correzione per ID. Dalle analisi a livello comunale non si evidenziano comuni con difetti o eccessi significativi.

Malattie dell'apparato respiratorio (ICD-9: 460-519)

Considerando l'area geotermica nel suo complesso si osservano eccessi di rischio in entrambi i sessi: per i maschi l'eccesso è statisticamente significativo ed è pari al 9%, 11% con correzione per ID; tra le femmine si evidenzia un eccesso di ricoverate del 7%, ai limiti della significatività statistica, dopo aggiustamento per ID.

Nell'area Nord per i maschi residenti risulta un numero di ricoverati in linea con l'ospedalizzazione attesa; per le donne si evidenzia un numero di ricoverate in difetto statisticamente significativo del 17%, che rimane pressoché stabile quando standardizzato per classi di età e ID.

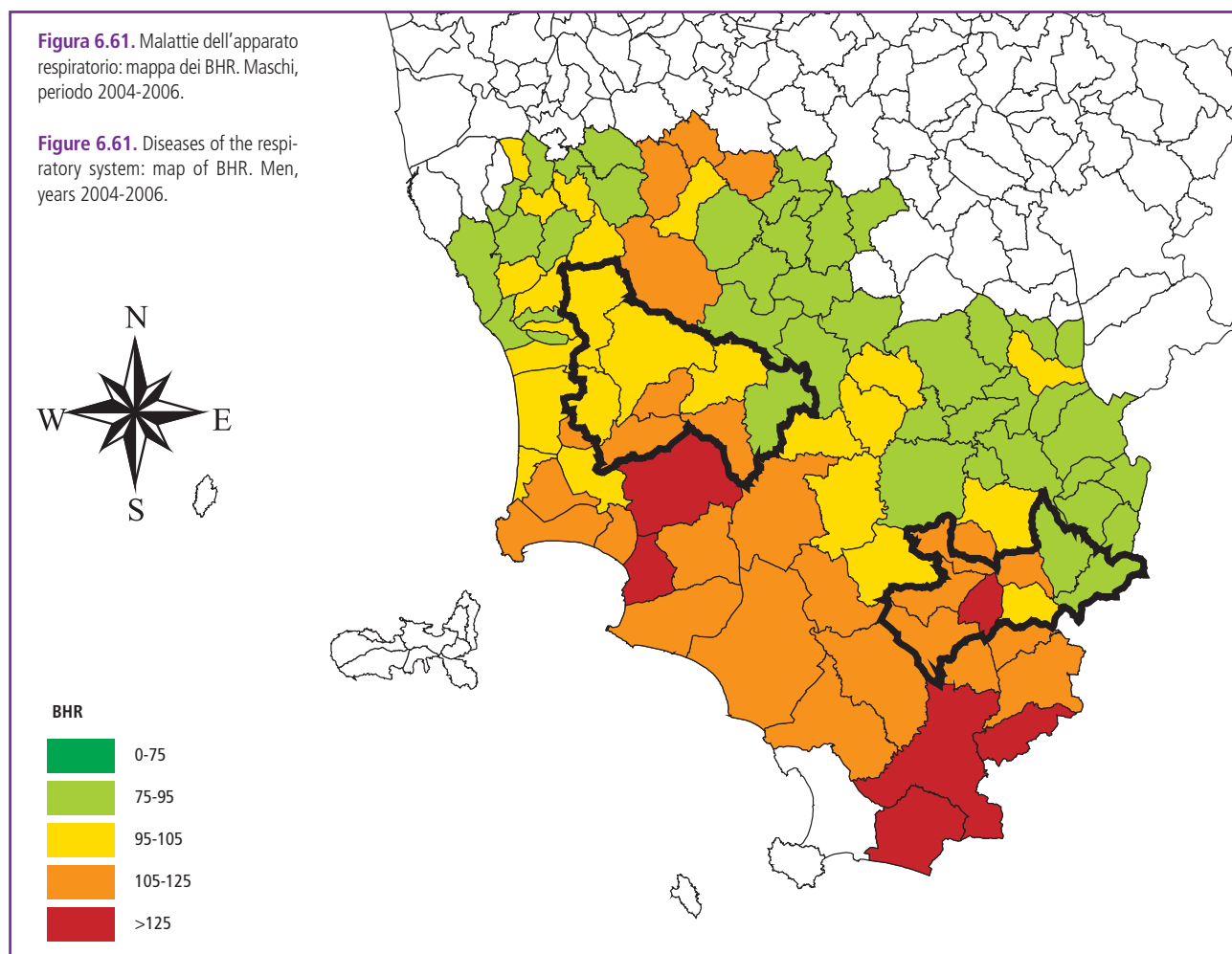
Nell'area Sud risultano eccessi di ricoverati statisticamente significativi in entrambi i sessi: nei maschi si osserva un eccesso del 13%, che aumenta al 16% dopo aggiustamento

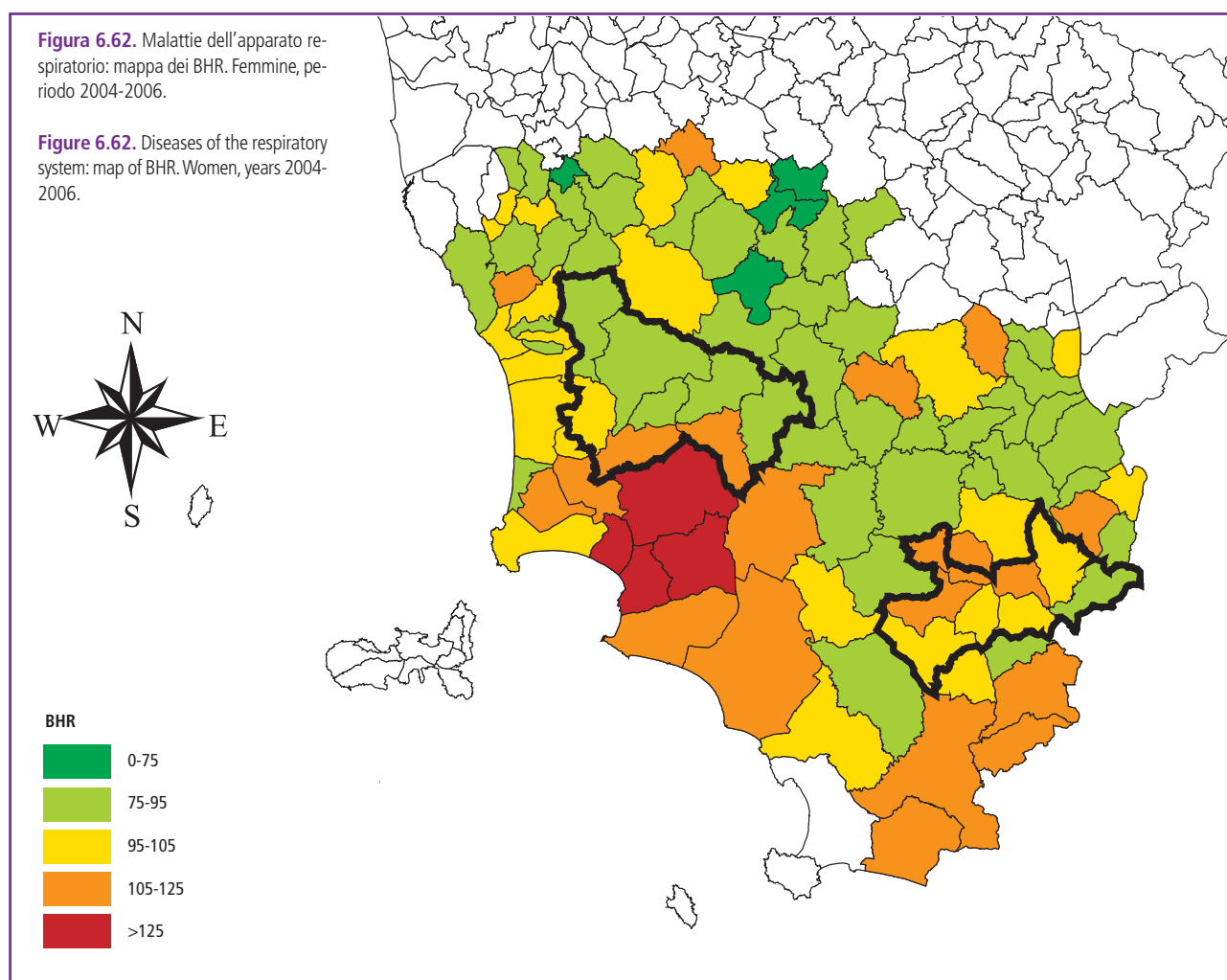
per ID; nelle donne risulta un eccesso del 14%, che passa al 22% dopo aggiustamento per ID.

Dalle analisi stratificate per classe di età emerge che gli eccessi nell'area Sud sono principalmente ascrivibili a un numero in eccesso tra i residenti con età maggiore di 64 anni, sia tra gli uomini (O 225; SHR 129; IC95% 113-147), sia tra le donne (O 218; SHR 129; IC95% 113-147).

Le analisi a livello comunale rivelano eccessi di ricoverati statisticamente significativi per gli uomini (O 79; SHR 132; IC95% 104-164) e per le donne (O 71; SHR 134; IC95% 105-169) residenti a Castel del Piano; per i maschi residenti a Santa Fiora (O 63; SHR 151; IC95% 116-193); per le femmine residenti ad Abbadia San Salvatore (O 87; SHR 116; IC95% 93-143) e ad Arcidosso (O 63; SHR 132; IC95% 102-169). Dal confronto tra SHR e SHR-ID risulta un aumento significativo degli eccessi dopo correzione per ID.

Dalle analisi bayesiane emerge una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiegata più del 90% della variabilità totale). Si osservano, per entrambi i generi, alcuni aggregati comunali con eccessi di ricoverati (figure 6.61, in basso, e 6.62, a pag. 82). Lo stimatore bayesiano conferma gli eccessi evidenziati a Castel del Piano, sia per i maschi (BHR 117), sia per le femmine (BHR





118); ad Arcidosso, sia per i maschi (BHR 117), sia per le femmine (BHR 118) e a Santa Fiora per i maschi (BHR 126).

Malattie respiratorie acute (ICD-9: 460-466,480-487)

Considerando l'area geotermica nel suo complesso si osserva per entrambi i generi un numero di ricoverati in linea con le attese.

Nell'area Nord, per i maschi residenti risulta un numero di ricoverati in linea con l'ospedalizzazione attesa; per le donne si osserva un numero di ricoverate in difetto ai limiti della significatività statistica, che rimane pressoché invariato dopo standardizzazione per classi di età e ID.

Nell'area Sud risultano lievi eccessi di ricoverati non statisticamente significativi in entrambi i sessi.

I risultati a livello comunale mostrano eccessi statisticamente significativi di ricoverati tra i residenti ad Abbadia San Salvatore, sia tra i maschi (O 52; SHR 171; IC95% 128-224; SHR-ID 149; IC95% 112-196), sia tra le femmine (O 39; SHR 156; IC95% 111-213; eccesso pressoché invariato mediante SHR-ID); eccessi di ricoverati tra i maschi residenti a Monterotondo Marittimo (O 13; SHR 198; IC95% 106-340; eccesso pressoché invariato mediante

SHR-ID) e a Monteverdi Marittimo (O 10; SHR 255 IC95% 122-468; SHR-ID 281; IC95% 135-517) ed eccessi tra le femmine residenti a Piancastagnaio (O 23; SHR 167; IC95% 106-250; eccesso non più significativo con SHR-ID).

Dalle analisi bayesiane effettuate per maschi e femmine emerge una eterogeneità ben strutturata della distribuzione spaziale del fenomeno (in entrambe le analisi la variabilità spaziale spiega più del 90% della variabilità totale) (figure 6.63 e 6.64, a pag. 83). Per entrambi i sessi si notano alcuni aggregati comunali con eccessi di malattie respiratorie acute.

L'indicatore bayesiano conferma l'eccesso evidenziato ad Abbadia San Salvatore per i maschi (BHR 137) e per le femmine (BHR 130).

Polmonite (ICD-9: 480-486)

Considerando l'area geotermica nel suo complesso si evidenzia per entrambi i sessi un numero di ricoverati in linea con quanto atteso.

Nell'area Nord per entrambi i sessi si osserva un numero di ricoverati in difetto rispetto all'atteso; per gli uomini emerge un difetto di ricoverati del 16%, ai limiti della si-

Figura 6.63. Malattie respiratorie acute: mappa dei BHR. Maschi, periodo 2004-2006.

Figure 6.63. Acute respiratory infections: map of BHR. Men, years 2004-2006.

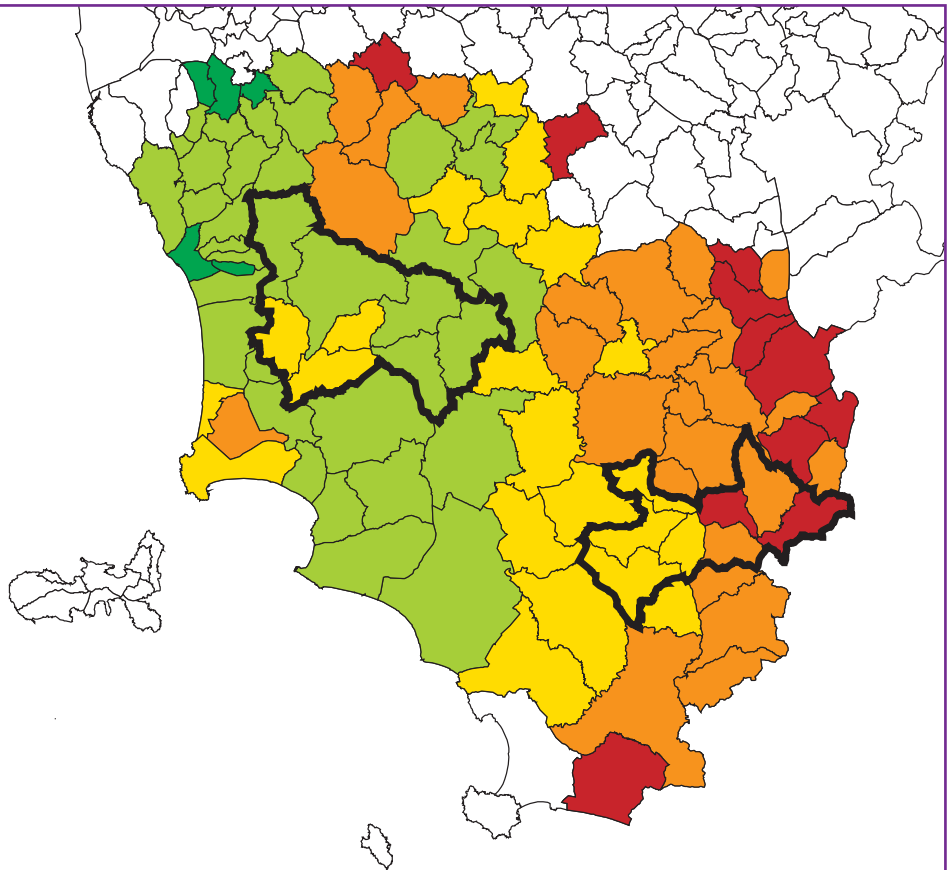
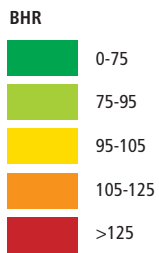
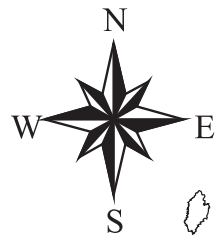
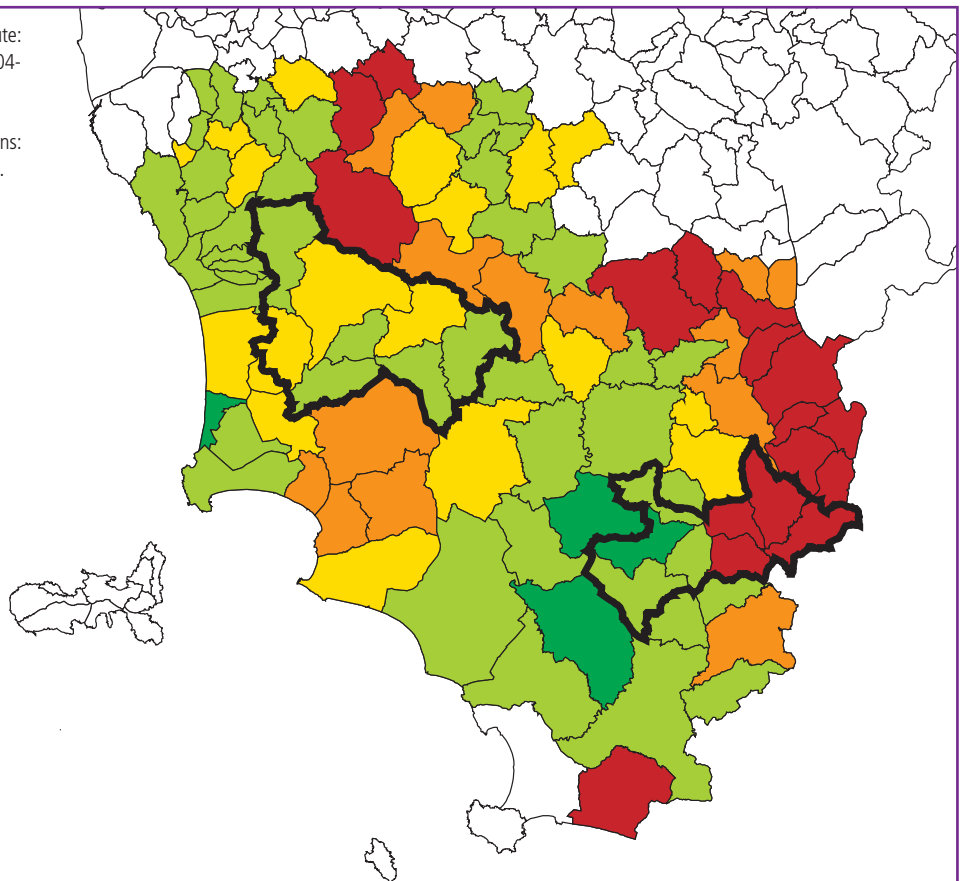
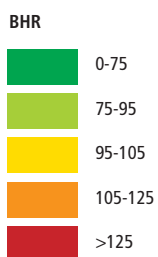
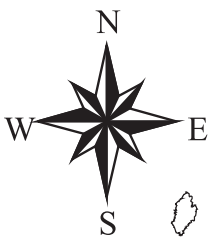


Figura 6.64. Malattie respiratorie acute: mappa dei BHR. Femmine, periodo 2004-2006.

Figure 6.64. Acute respiratory infections: map of BHR. Women, years 2004-2006.



gnificatività, che aumenta al 19% se corretto per ID; per le donne si evidenzia uno scostamento statisticamente significativo in difetto del 38%, che rimane pressoché costante quando si procede a standardizzazione per classe di età e per ID.

Nell'area Sud per entrambi i sessi si registra un numero di ricoverati in lieve eccesso non statisticamente significativo rispetto al numero atteso. I risultati a livello comunale mostrano eccessi statisticamente significativi di ricoverati residenti ad Abbadia San Salvatore, sia per i maschi (O 40; SHR 166; IC95% 118-226; SHR-ID 146; IC95% 104-199), sia per le femmine (O 32; SHR 168; IC95% 115-237; eccesso pressoché invariato con SHR-ID) e tra le femmine residenti a Piancastagnaio (O 19; SHR 178; IC95% 107-278; eccesso non più statisticamente significativo dopo aggiustamento per ID).

Gli eccessi di ricoverati per polmonite osservati nei comuni rendono prevalentemente conto dei risultati osservati per le malattie respiratorie acute.

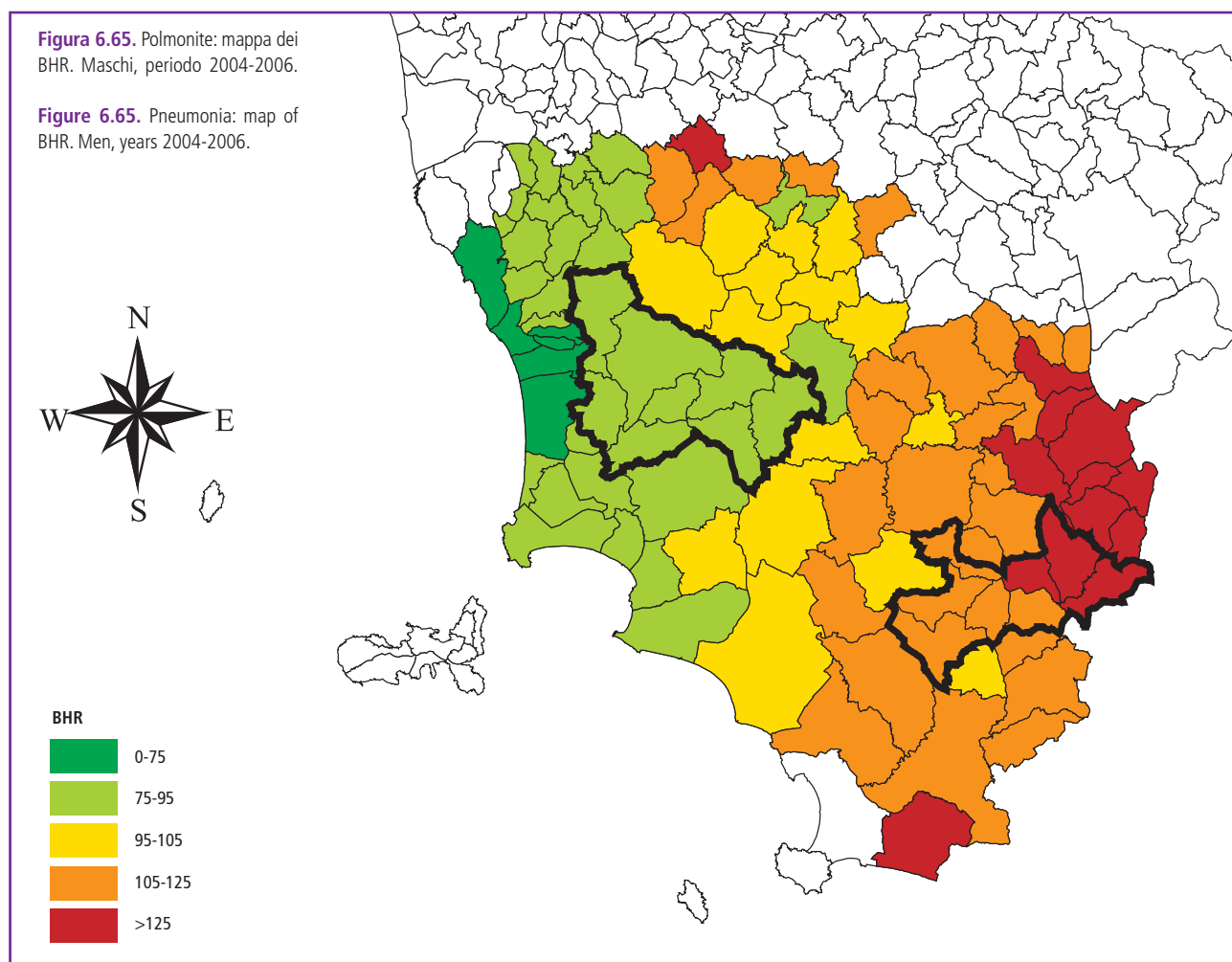
Dalle analisi bayesiane, effettuate per i maschi e per le femmine, si evidenzia una eterogeneità ben strutturata della distribuzione spaziale del fenomeno (in entrambe le analisi la variabilità spaziale spiega oltre il 90% della variabilità totale) (figure 6.65, in basso, e 6.66, a pag. 85).

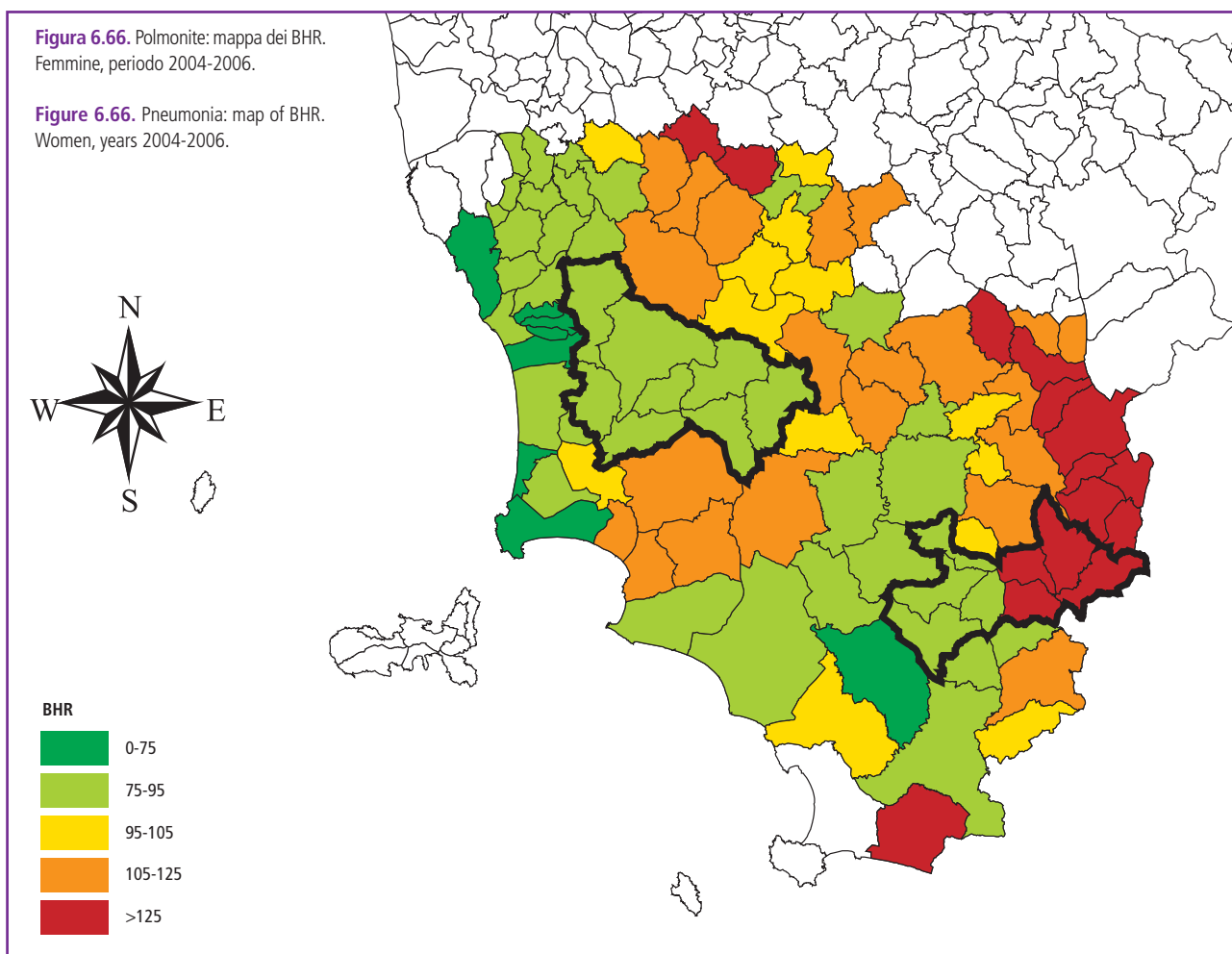
Per entrambi i sessi si osservano alcuni aggregati comunali con eccessi di polmonite: lo stimatore bayesiano conferma l'eccesso evidenziato ad Abbadia San Salvatore sia per i maschi (BHR 132) sia per le femmine (BHR 135). Da notare che la distribuzione del BHR per polmonite è molto simile alla distribuzione del BHR per le malattie respiratorie acute.

Malattie polmonari croniche ostruttive (ICD-9: 490-496)

Nell'area geotermica totale si osserva un eccesso del 14% non significativo di ricoverati maschi che rimane costante dopo la correzione per ID; per le femmine emerge un eccesso del 38% statisticamente significativo che aumenta al 48% dopo aver standardizzato per ID. Tale eccesso è in maggior parte dovuto a un eccesso di donne ricoverate di età maggiore di 64 anni, statisticamente significativo (O 84; SHR 148; IC95% 118-183).

Nell'area Nord si osserva un numero di ricoverati tra gli uomini in linea con quello atteso; tra le donne risulta un lieve eccesso di ricoverate con stime non statisticamente significative. Nell'area Sud risulta un eccesso di ricoverati del 25% ai limiti della significatività statistica che si riduce dopo correzione per ID; per le femmine emerge un





ecceso statisticamente significativo di ricoverate del 56% rispetto al valore atteso, che aumenta al 68% dopo aver corretto per ID.

Stratificando per classi di età si nota che l'eccesso sopra riportato è principalmente dovuto a un eccesso statisticamente significativo per le donne con età maggiore di 64 anni (O 60; SHR 173; IC95% 132-222).

Le analisi a livello comunale mettono in risalto eccessi elevati e statisticamente significativi di ricoverati tra i maschi residenti a Castel del Piano (O 22; SHR 248; IC95% 155-376; SHR-ID 236; IC95% 148-357) e tra le femmine residenti ad Abbadia San Salvatore (O 25; SHR 225; IC95% 146-332; SHR-ID 243; IC95% 157-359).

Dalle analisi bayesiane effettuate per i maschi si evidenzia una eterogeneità ben strutturata della distribuzione spaziale del fenomeno (spiegato il 92% della variabilità totale) (figura 6.67, a pag. 86). Da segnalare alcuni aggregati comunali con eccessi di ricoverati, tuttavia in nessun comune in studio l'indicatore bayesiano è in eccesso statisticamente significativo.

Dalle analisi bayesiane effettuate per le femmine emerge una prevalente variabilità casuale della distribuzione spaziale del fenomeno, come si evince dalla eterogeneità dell'indicatore bayesiano (figura 6.68, a pag. 86); l'analisi

confirma l'eccesso già evidenziato per il comune di Abbadia San Salvatore (BHR 170).

Broncopneumopatie croniche ostruttive (ICD-9: 491-492,494-496)

Il numero di ricoverati osservati è esiguo in entrambe le aree e per tale motivo risultano SHR con intervalli di confidenza ampi. Da segnalare la presenza di un eccesso di ricoverate statisticamente significativo per le femmine residenti nell'area Sud (5 casi) pari al 398% in più rispetto al valore atteso, percentuale che aumenta al 402% dopo aver corretto le stime per ID. Da notare che tutti i casi osservati tra le femmine residenti nell'area Sud sono di età superiore a 64 anni. Dalle analisi stratificate per classi di età risulta che l'eccesso sopra citato si rafforza prendendo come base dello studio solo le femmine di età maggiore di 64 anni (O 5; SHR 824; IC95% 271-1.945).

Dalle analisi a livello comunale risulta un forte eccesso di donne ricoverate tra le residenti a Castel del Piano (O 4; SHR 2.308; IC95% 621-5.909; SHR-ID 2.054; IC95% 552-5.259). Dalle analisi bayesiane per le femmine residenti a Castel del Piano si conferma il rilevante eccesso sopra evidenziato (BHR 645), anche se non risulta statisticamente significativo.

Figura 6.67. Malattie polmonari croniche ostruttive: mappa dei BHR. Maschi, periodo 2004-2006.

Figure 6.67. Chronic obstructive pulmonary disease: map of BHR. Men, years 2004-2006.

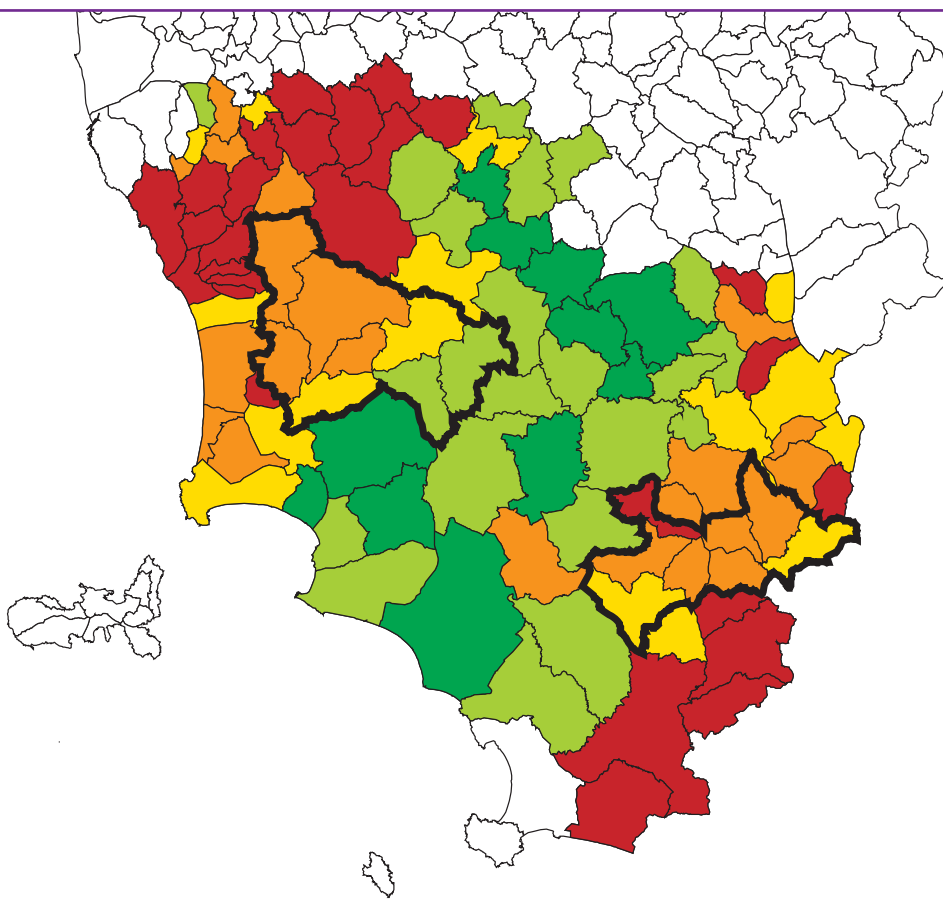
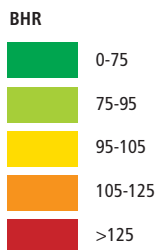
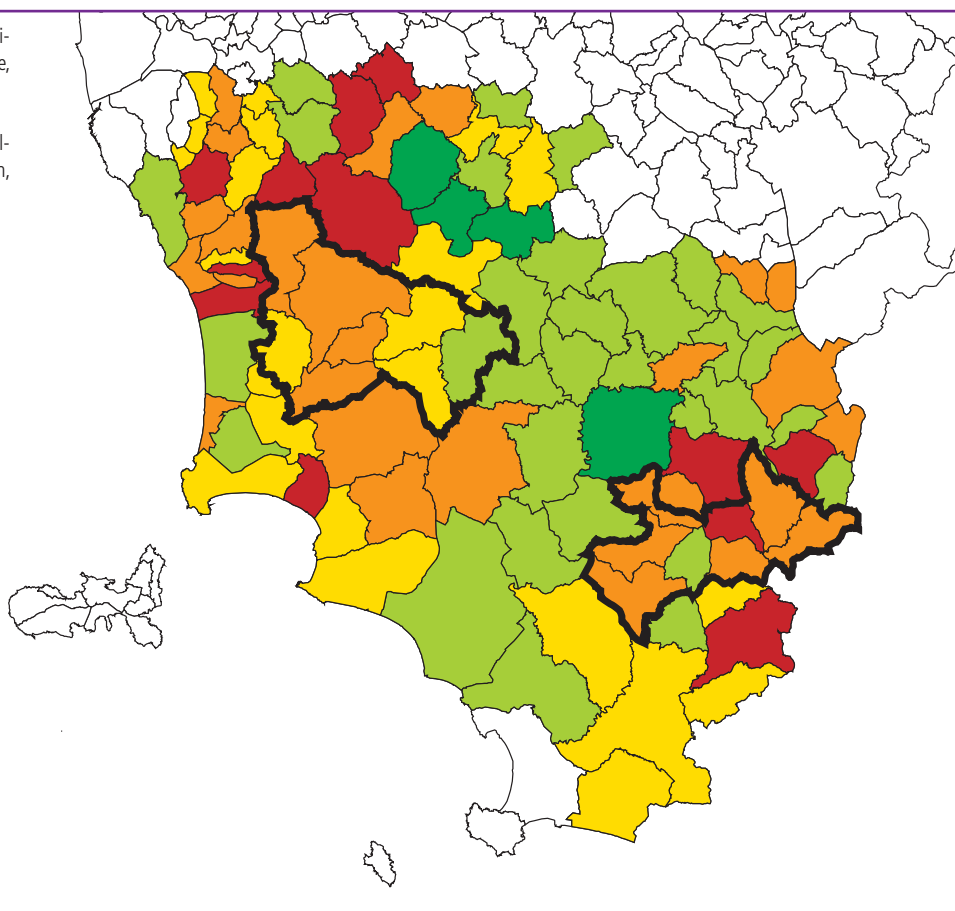
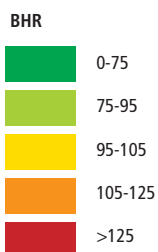


Figura 6.68. Malattie polmonari croniche ostruttive: mappa dei BHR. Femmine, periodo 2004-2006.

Figure 6.68. Chronic obstructive pulmonary disease: map of BHR. Women, years 2004-2006.



Asma (ICD-9: 493)

Il numero di ricoverati osservati è esiguo in entrambe le aree e per tale motivo risultano stime SHR molto imprecise. E' comunque da notare che in entrambe le aree si registra un numero di ricoverati in difetto rispetto al numero atteso, risultato non supportato dalla significatività statistica.

Pneumoconiosi (ICD-9: 500-505)

Per la pneumoconiosi si osservano ricoverati solo tra i maschi e di questi, il 75% si osserva nell'area Nord, dove emerge un eccesso statisticamente significativo di ricoverati del 233% rispetto al valore atteso. Tutti i ricoverati sono maschi con età maggiore di 64 anni. Gli SHR calcolati considerando solo i soggetti anziani si riducono e non risultano essere statisticamente significativi né nell'area Nord, né nell'area geotermica totale.

Dalle analisi a livello comunale non si evidenziano comuni con difetti o eccessi significativi.

Malattie dell'apparato digerente (ICD-9: 520-579)

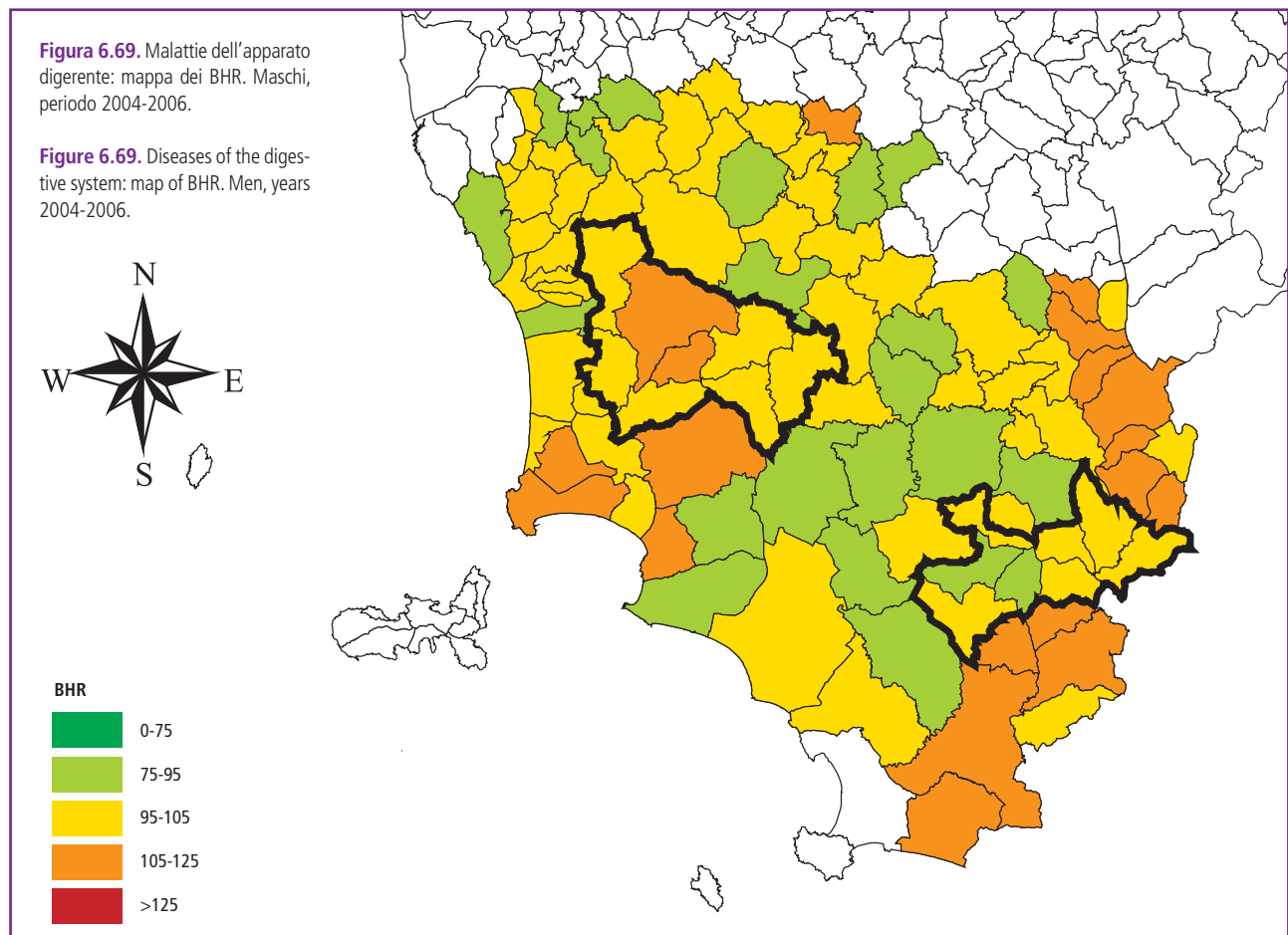
Considerando l'area totale si osserva un numero di ricoverati in linea con il numero atteso per entrambi i sessi. Nell'area Nord risultano eccessi statisticamente significativi di ricoverati sia per i maschi sia per le femmine rispettivamente pari al 14% e al 12%, stime che rimangono pres-

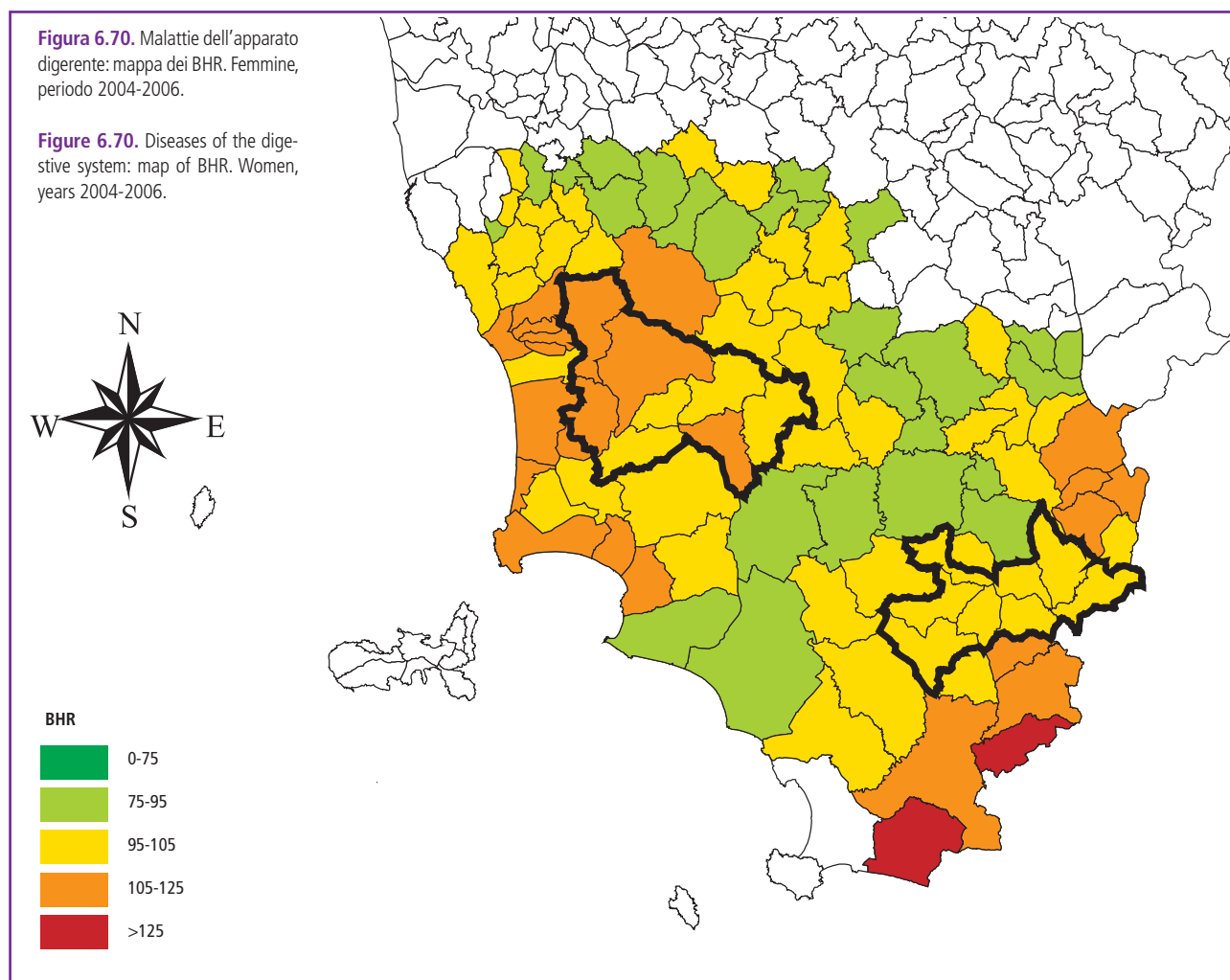
soché costanti dopo aggiustamento per ID. Stratificando per classi di età si osserva che l'eccesso sopra citato per i maschi è presente in modo non statisticamente significativo in tutte le classi di età. Gli eccessi emersi per le femmine sono dovuti principalmente a un numero di ricoverate in eccesso per le femmine di età compresa tra 35 e 64 anni (O 115; SHR 134; IC95% 110-161).

Nell'area Sud per i maschi residenti si osserva un difetto di ricoverati dell'8%, ai limiti della significatività statistica, mentre per le donne il numero di ricoverate è in linea con l'atteso.

Dalle analisi a livello comunale risultano eccessi di ricoverati tra gli uomini residenti a Pomarance (O 160; SHR 128; IC95% 109-149) e a Castelnuovo Val di Cecina (O 66; SHR 131; IC95% 102-167) e tra le donne residenti a Monteverdi Marittimo (O 19; SHR 174; IC95% 105-272). L'aggiustamento degli SHR per ID non modifica i risultati a livello comunale sopra citati.

Dalle analisi bayesiane effettuate per entrambi i sessi si evidenzia una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiegato oltre il 90% della variabilità totale) (figure 6.69, in basso, e 6.70, a pag. 88). Emergono alcuni aggregati di comuni con eccessi di malattie dell'apparato digerente; l'indicatore bayesiano conferma l'eccesso evidenziato a Pomarance, sia per i maschi (BHR 114), sia per le femmine (BHR 113).





Malattia epatica cronica e cirrosi (ICD-9: 571)

In entrambe le aree geotermiche si rilevano valori in eccesso dell'SHR per cirrosi epatica, anche se mai a livelli di significatività statistica, più evidenti tra i maschi che tra le femmine.

Dalle analisi a livello comunale risultano eccessi di ricoverati statisticamente significativi tra i maschi residenti a Montieri (O 9; SHR 620; IC95% 284-1176; SHR-ID 724; IC95% 331-1.373) e a San Casciano dei Bagni (O 8; SHR 388; IC95% 167-764; SHR-ID 370; IC95% 160-729).

Dalle analisi bayesiane effettuate per i maschi emerge una eterogeneità della distribuzione spaziale del fenomeno con la presenza di alcuni aggregati comunali con eccessi di ricoverati (figura 6.71, a pag. 89). L'indicatore bayesiano conferma gli eccessi evidenziati a Montieri (BHR 250) e a San Casciano dei Bagni (BHR 191).

Le analisi bayesiane effettuate per le femmine mostrano una eterogeneità ben strutturata della distribuzione spaziale del fenomeno (spiegato il 98% della variabilità totale) (figura 6.72, a pag. 89). Si notano alcuni aggregati di comuni con eccessi di cirrosi; l'indicatore bayesiano non risulta in eccesso statisticamente significativo per nessuno dei comuni in studio.

Malattie del sistema genitourinario (ICD-9: 580-629)

Nell'area geotermica totale si osserva un numero di uomini ricoverati in linea con il numero atteso, mentre per le donne le ricoverate risultano in difetto statisticamente significativo dell'8% rispetto al valore atteso.

Nell'area Nord si osserva un numero di uomini ricoverati in difetto del 18%, statisticamente significativo senza e con correzione per ID; per le donne si osserva una frequenza di ricoverate in linea con il valore atteso.

Nell'area Sud per i maschi residenti si osserva un eccesso statisticamente significativo di ricoverati del 12%, che si riduce al 11%, ai limiti della significatività statistica, dopo aver standardizzato per ID.

Stratificando per classi di età si può osservare che tale eccesso è presente nei maschi di età compresa tra 35 e 64 anni (O 102; SHR 121; IC95% 99-147) e di età maggiore di 64 anni (O 173 SHR 119; IC95% 102-139). Per le femmine il numero di ricoverate risulta in difetto del 14% rispetto al numero atteso, con significatività statistica prima e dopo correzione per ID.

Dalle analisi a livello comunale risulta un eccesso di ricoverati tra i maschi residenti ad Abbadia San Salvatore (O 93;

Figura 6.71. Malattia epatica cronica e cirrosi: mappa dei BHR. Maschi, periodo 2004-2006.

Figure 6.71. Chronic liver disease and cirrhosis: map of BHR. Men, years 2004-2006.

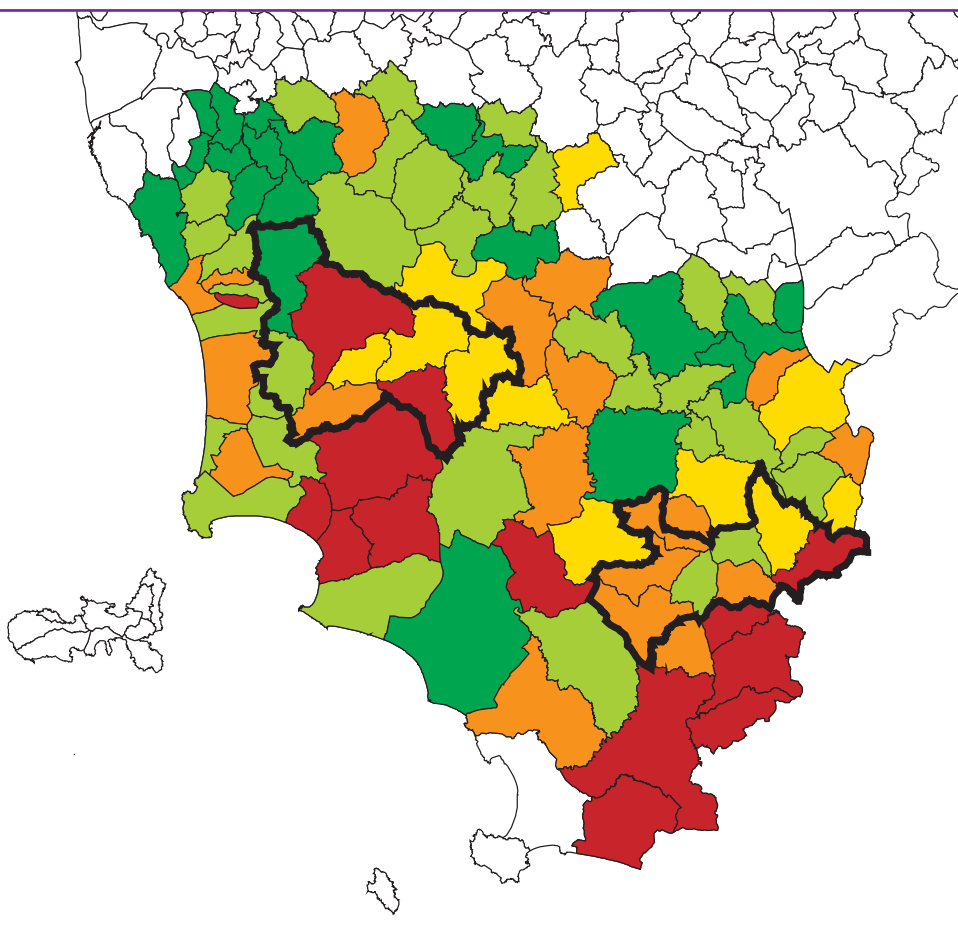
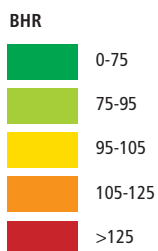
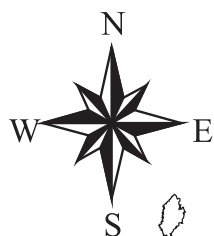
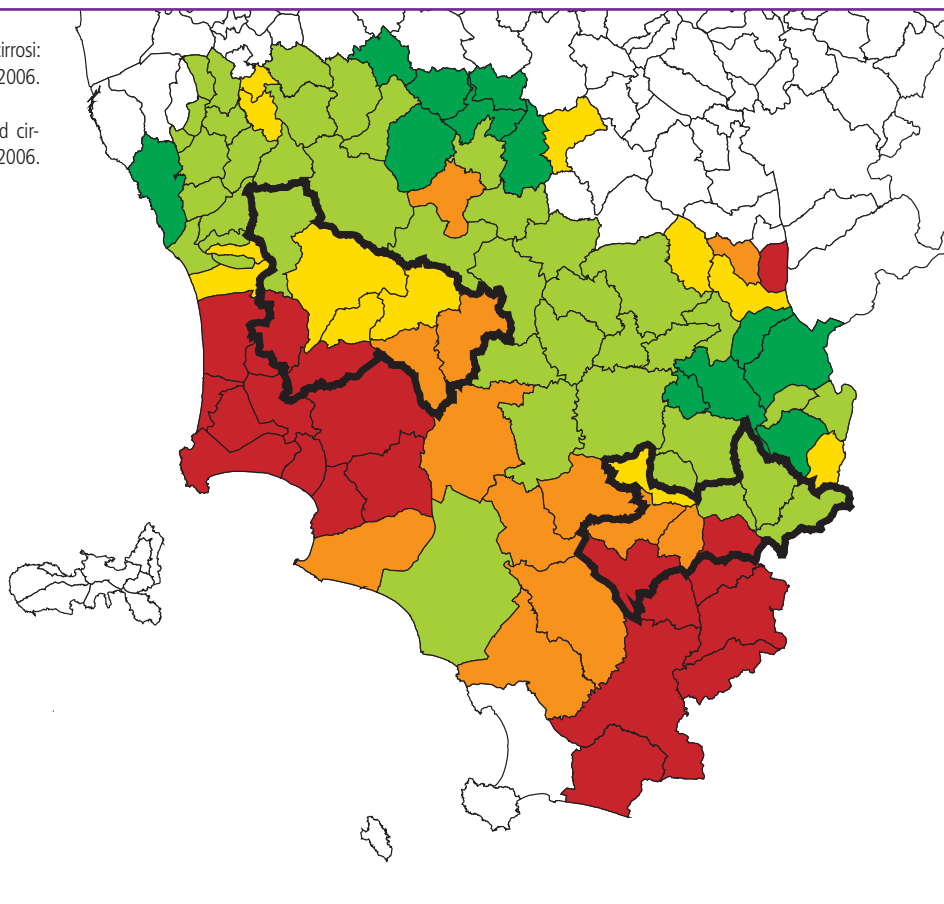
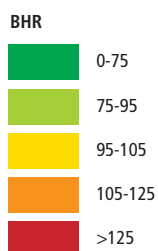


Figura 6.72. Malattia epatica cronica e cirrosi: mappa dei BHR. Femmine, periodo 2004-2006.

Figure 6.72. Chronic liver disease and cirrhosis: map of BHR. Women, years 2004-2006.



SHR 132; IC95% 106-161), risultato pressoché invariato dopo correzione per ID. Dalle analisi bayesiane effettuate per i maschi si evidenzia una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiegato il 98% della variabilità totale) (figura 6.73). L'andamento spaziale dell'indicatore bayesiano mostra un gradiente crescente Nord-Sud; l'indicatore bayesiano conferma l'eccesso di ricoverati evidenziato ad Abbadia San Salvatore (BHR 117).

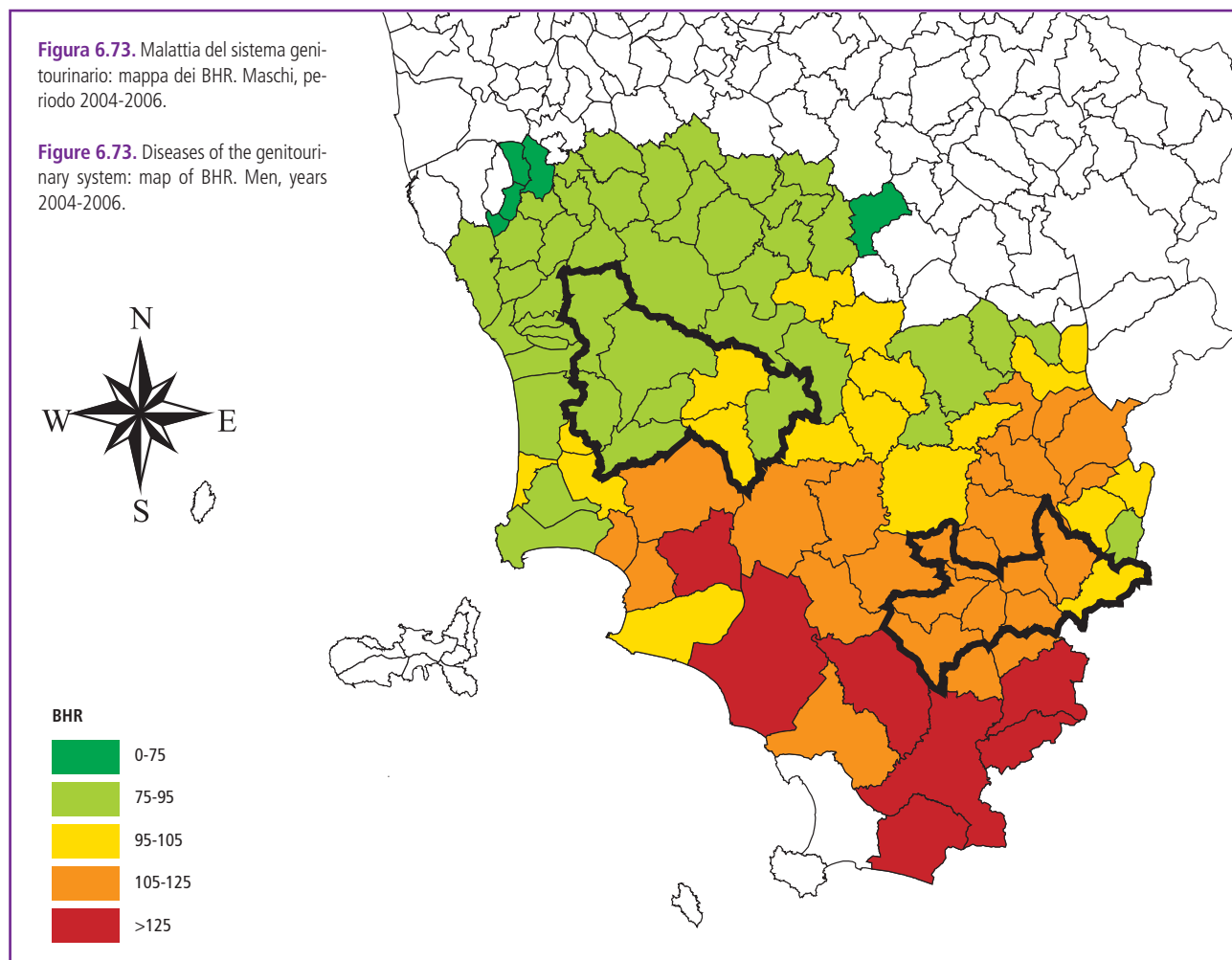
Nefrosi (ICD-9: 581-583)

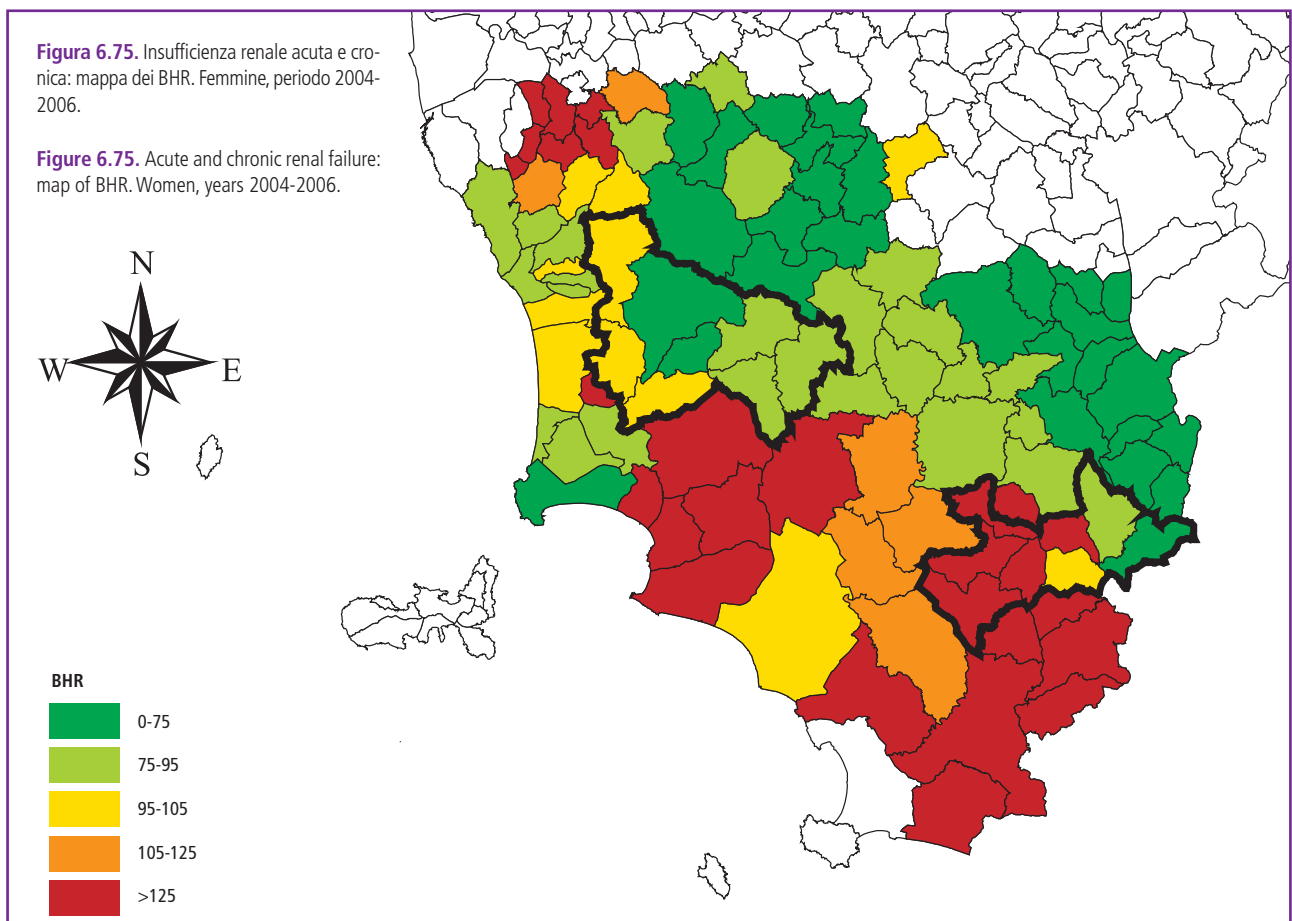
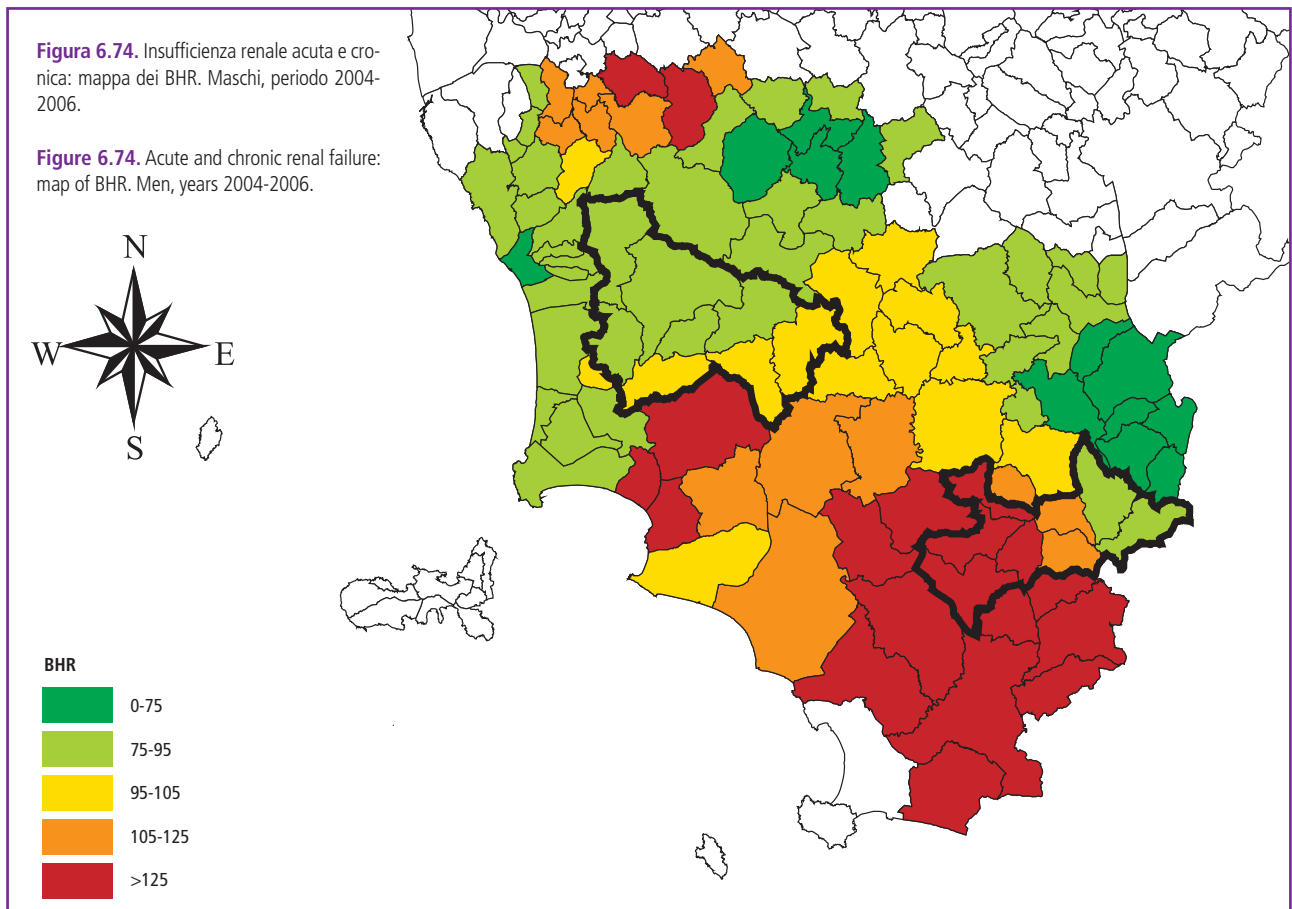
In entrambe le aree in studio il numero di ricoverati osservati nel periodo in studio è esiguo. Sebbene non si rilevino mai valori dell'SHR statisticamente significativi, tra i maschi dell'area geotermica complessiva si osserva uno scostamento in difetto, mentre tra le femmine lo scostamento è in eccesso. Dalle analisi a livello comunale non si evidenziano comuni con difetti o eccessi significativi.

Insufficienza renale acuta e cronica (ICD-9: 584-585)

Nell'area geotermica totale risultano eccessi non significativi per entrambi i sessi. Nell'area Nord si osservano ricoverati al di sotto del valore atteso per entrambi i sessi, con scostamenti ai limiti della significatività statistica: per i maschi il numero di ricoverati è del 34% in meno rispetto al

numero atteso; per le femmine lo scostamento in meno è del 35%, che diminuisce al 29% dopo correzione per ID. Nell'area Sud si osservano per entrambi i sessi eccessi di ricoverati statisticamente significativi rispetto al valore atteso: per i maschi l'eccesso è del 48% e aumenta al 50% dopo correzione per ID; per le femmine il numero di ricoverate è del 43% in più rispetto al numero atteso, che aumenta al 52% dopo correzione per ID. Stratificando per classi di età si osservano eccessi significativi di ricoverati per i maschi (O 51; SHR 151; IC95% 112-198) e per le femmine (O 49; SHR 153; IC95% 113-202) di età maggiore di 64 anni. Dalle analisi a livello comunale risultano eccessi di ricoverati statisticamente significativi per entrambi i sessi residenti ad Arcidosso (M: O 13; SHR 216; IC95% 115-369; F: O 17; SHR 298; IC95% 173-477) e per i maschi residenti a Castel del Piano (O 17; SHR 259; IC95% 151-414) e a Santa Fiora (O 11; SHR 208; IC95% 104-372). L'uso di SHR-ID non modifica i risultati a livello comunale sopra riportati. Dalle analisi bayesiane risulta, per entrambi i sessi, una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiegato il 99% della variabilità totale) (figure 6.74 e 6.75, a pag. 91). Si notano alcuni aggregati di comuni con eccessi di ricoverati; l'indicatore bayesiano conferma gli eccessi statisticamente significativi osservati per





Arcidosso (M: BHR 170; F: BHR 216), Castel del Piano (M: BHR 159; F: BHR 150) e Santa Fiora (M: BHR 163).

Malformazioni congenite (ICD-9: 740-759)

Per entrambe le aree, sia per i maschi sia per le femmine, risulta un numero di ricoverati in difetto rispetto al numero atteso, con SHR non statisticamente significativi. I risultati ottenuti sull'intera area geotermica sono simili a quelli ottenuti nelle singole aree in studio.

Traumatismi e avvelenamenti (ICD-9: 800-999)

Per entrambi i gruppi di cause si osserva una ospedalizzazione in linea con quella attesa in entrambe le aree in studio. Dalle analisi a livello comunale emerge un eccesso di uomini ricoverati per cause mal definite ad Abbadia San Salvatore (O 60; SHR 137; IC95% 104-176) e un eccesso di donne ricoverate per traumatismi e avvelenamenti a Pomarance (O 112; SHR 130; IC95% 107-156), stime che non variano dopo l'aggiustamento per ID.

Comune	Sistema nervoso			Cardiopatie congenite			Palato-Labbro			Apparato urogenitale interno		
	O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%
Castelnuovo Val di Cecina	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Chiusdino	0	-	-	0	-	-	3	1.652	(341-4.828)	<3	-	-
Montecatini Val di Cecina	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Monterotondo Marittimo	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Monteverdi Marittimo	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Montieri	0	-	-	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-
Pomarance	0	-	-	3	70	(14-205)	0	-	-	<3	-	-
Radicondoli	<3	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Area nord	<3	-	-	5	43	(14-99)	3	199	(41-581)	3	81	(17-236)
Abbadia S.Salvatore	<3	-	-	5	108	(35-252)	0	-	-	5	343	(111-800)
Arcidosso	<3	-	-	<3	-	-	0	-	-	0	-	-
Castel del Piano	<3	-	-	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-
Piancastagnaio	0	-	-	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-
Radicofani	0	-	-	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-
Roccalbegna	<3	-	-	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-
S. Casciano dei Bagni	0	-	-	<3	-	-	0	-	-	0	-	-
S. Fiora	0	-	-	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-
Area sud	5	160	(52-373)	15	83	(46-137)	0	-	-	12	210	(109-367)
Area geotermica	6	116	(43-253)	20	67	(41-103)	3	78	(16-229)	15	159	(89-263)

Note:

O/A: rapporti tra osservati (O) e attesi (A) per gruppi di MC e per comune/area geotermica.

IC95%: intervallo di confidenza al 95% di probabilità.

In **grassetto corsivo** sono riportati gli eccessi ai limiti della significatività statistica. In **grassetto** sono riportati gli eccessi statisticamente significativi.

Tabella 6.3. Analisi classica di malformazioni congenite (MC) rilevate tra i nati e le IVG nel periodo 1992-2006.

Comune	Sistema nervoso			Cardiopatie congenite			Palato-labbro			Apparato urogenitale interno		
	O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%
Castelnuovo Val di Cecina	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Chiusdino	0	-	-	0	-	-	3	1.796	(370-5.250)	<3	-	-
Montecatini Val di Cecina	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Monterotondo Marittimo	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Monteverdi Marittimo	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Montieri	0	-	-	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-
Pomarance	0	-	-	3	72	(15-211)	0	-	-	<3	-	-
Radicondoli	<3	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Area nord	<3	-	-	5	44	(14-102)	3	216	(45-632)	3	89	(18-259)
Abbadia S.Salvatore	<3	-	-	4	89	(24-228)	0	-	-	4	301	(82-770)
Arcidosso	0	-	-	<3	-	-	0	-	-	0	-	-
Castel del Piano	0	-	-	3	96	(20-280)	0	-	-	<3	-	-
Piancastagnaio	0	-	-	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-
Radicofani	0	-	-	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-
Roccalbegna	<3	-	-	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-
S. Casciano dei Bagni	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
S. Fiora	0	-	-	<3	-	-	0	-	-	-	-	-
Area sud	<3	-	-	13	74	(39-126)	0	-	-	10	192	(92-354)
Area geotermica	3	118	(24-345)	18	62	(37-98)	3	85	(18-249)	13	152	(81-259)

Note:

O/A: rapporti tra osservati (O) e attesi (A) per gruppi di MC e per comune/area geotermica.

IC95%: Intervallo di confidenza al 95% di probabilità.

In **grassetto corsivo** sono riportati gli eccessi ai limiti della significatività statistica. In **grassetto** sono riportati gli eccessi statisticamente significativi.

Tabella 6.4. Analisi classica di malformazioni congenite (MC) rilevate tra i nati nel periodo 1992-2006.

Eventi sfavorevoli della riproduzione

Malformazioni congenite

Dalle analisi classiche sulle malformazioni congenite (MC) diagnosticate sul totale dei nati e delle interruzioni volontarie di gravidanza (IVG) (tabella 6.3, pagg. 92-93), si evidenziano rapporti osservati/attesi (O/A) in eccesso statisticamente significativo solo nell'area geotermica Sud per le malformazioni congenite urogenitali.

Per i singoli comuni si notano eccessi significativi di malformazioni congenite cromosomiche ad Arcidosso, di malformazioni congenite urogenitali ad Abbadia San Salvatore e un rapporto osservati/attesi elevato a Chiusdino per le schisi orali.

Dalle analisi classiche sulle malformazioni congenite diagnosticate sul totale dei nati (tabella 6.4, pagg. 92-93) non si evidenziano rapporti osservati/attesi in eccesso statisticamente significativo nelle aree in studio.

Apparato genitale esterno			Arti			Muscolo-scheletriche			Cromosomiche		
O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%
0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
0	-	-	0	-	-	0	-	-	<3	-	-
0	-	-	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-
0	-	-	<3	-	-	0	-	-	0	-	-
0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
0	-	-	0	-	-	<3	-	-	<3	-	-
0	-	-	<3	-	-	<3	-	-	<3	-	-
<3	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
<3	-	-	4	77	(21-197)	<3	-	-	4	104	(28-267)
<3	-	-	4	195	(53-500)	0	-	-	<3	-	-
0	-	-	0	-	-	0	-	-	4	456	(124-1.168)
<3	-	-	4	280	(76-718)	<3	-	-	<3	-	-
<3	-	-	<3	-	-	<3	-	-	0	-	-
<3	-	-	0	-	-	<3	-	-	0	-	-
<3	-	-	<3	-	-	0	-	-	0	-	-
0	-	-	0	-	-	0	-	-	<3	-	-
<3	-	-	<3	-	-	0	-	-	0	-	-
7	140	(56-287)	11	138	(69-246)	3	226	(47-660)	8	136	(59-267)
8	97	(42-190)	15	114	(64-187)	5	228	(74-532)	12	123	(64-216)

Notes:
 O/A: observed/expected ratio for congenital malformations by municipality/geothermal area.
 IC95%: 95% confidence interval.
 Excesses at the limit of statistical significance are reported in **bold italic**. Statistically significant excesses are reported in **bold**.

Table 6.3. Classic analysis of congenital malformations conducted on births and on the voluntary interruption of pregnancy. Years 1992-2006.

Apparato genitale esterno			Arti			Muscolo-scheletriche			Cromosomiche		
O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%	O	O/A	IC95%
0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
0	-	-	0	-	-	0	-	-	<3	-	-
0	-	-	<3	-	-	0	-	-	0	-	-
0	-	-	<3	-	-	0	-	-	0	-	-
0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
0	-	-	<3	-	-	<3	-	-	0	-	-
<3	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
<3	-	-	4	82	(22-210)	<3	-	-	<3	-	-
<3	-	-	3	157	(32-458)	0	-	-	<3	-	-
0	-	-	0	-	-	0	-	-	<3	-	-
<3	-	-	4	300	(82-767)	<3	-	-	0	-	-
<3	-	-	<3	-	-	<3	-	-	0	-	-
<3	-	-	0	-	-	<3	-	-	0	-	-
<3	-	-	<3	-	-	0	-	-	0	-	-
0	-	-	0	-	-	0	-	-	<3	-	-
<3	-	-	<3	-	-	0	-	-	0	-	-
6	121	(44-263)	10	134	(64-246)	3	292	(60-855)	3	135	(28-394)
7	85	(34-176)	14	113	(62-190)	4	236	(64-605)	4	109	(30-279)

Notes:
 O/A: observed/expected ratio for congenital malformations by municipality/geothermal area.
 IC95%: 95% confidence interval.
 Excesses at the limit of statistical significance are reported in **bold italic**. Statistically significant excesses are reported in **bold**.

Table 6.4. Classic analysis on congenital malformations conducted on births. Years 1992-2006.

Per i singoli comuni si nota solo un eccesso significativo di schisi orali a Chiusdino, anche se basato su pochi casi.

Dalle analisi bayesiane e di *clustering* effettuate sui singoli gruppi di osservati/attesi, sia sui nati sia sui nati più le interruzioni volontarie di gravidanza, non si notano distribuzioni spaziali ben strutturate e non si evidenziano aggregati comunali con eccessi significativi.

Basso peso alla nascita, nascite pretermine, rapporto di mascolinità

Dalle analisi classiche sul basso peso alla nascita diagnosticato dal totale dei nati (tabella 6.5), sulle nascite pretermine e sul rapporto osservato/atteso nei maschi, non si evidenziano eccessi statisticamente significativi in nessuna area o comune in studio.

Comune	Basso peso (<2.500 gr.)			Bassissimo peso (<1.500 gr.)			Basso peso EG >36 settimane			EG <37 settimane			Maschi		
	O	O/A	IC 95%	O	O/A	IC 95%	O	O/A	IC 95%	O	O/A	IC 95%	O	O/A	IC 95%
Castelnuovo Val di Cecina	8	115	(49-226)	0	-	-	5	183	(59-427)	5	68	(22-159)	61	110	(84-141)
Chiusdino	4	61	(17-155)	0	-	-	0			6	86	(32-188)	51	97	(72-128)
Montecatini Val di Cecina	6	120	(44-262)	0	-	-	4	205	(56-525)	4	76	(21-195)	45	114	(83-152)
Monterotondo Marittimo	<3	-	-	0	-	-	<3	-	-	0	-	-	15	88	(49-146)
Monteverdi Marittimo	5	221	(72-515)	2	635	(77-2.292)	<3	-	-	4	168	(46-429)	22	122	(77-185)
Montieri	4	137	(37-352)	1	247	(6-1.375)	<3	-	-	4	131	(36-334)	20	87	(53-134)
Pomarance	22	132	(83-200)	3	130	(27-379)	8	123	(53-242)	20	114	(70-176)	131	99	(83-118)
Radicondoli	7	197	(79-405)	0	-	-	<3	-	-	6	160	(59-349)	30	106	(72-151)
Area nord	57	124	(94-160)	6	94	(34-204)	21	117	(72-178)	49	101	(75-134)	375	103	(92-113)
Abbadia S. Salvatore	12	64	(33-112)	0	-	-	8	110	(47-216)	15	76	(43-126)	136	92	(77-109)
Arcidosso	6	52	(19-113)	<3	-	-	<3	-	-	10	82	(39-151)	87	95	(76-117)
Castel del Piano	11	79	(39-141)	<3	-	-	7	128	(51-264)	8	54	(23-107)	114	103	(85-123)
Piancastagnaio	8	75	(33-149)	3	203	(42-594)	4	96	(26-247)	8	72	(31-141)	88	104	(84-129)
Radicofani	4	187	(51-480)	0	-	-	3	359	(74-1050)	<3	-	-	17	100	(58-160)
Roccalbegna	3	132	(27-387)	0	-	-	0	-	-	5	210	(68-489)	16	89	(51-144)
S. Casciano dei Bagni	3	105	(22-308)	0	-	-	<3	-	-	3	100	(21-292)	24	106	(68-158)
S. Fiora	3	41	(8-119)	0	-	-	<3	-	-	4	52	(14-132)	64	109	(84-139)
Area sud	50	72	(53-95)	5	52	(17-121)	27	99	(66-145)	55	75	(57-98)	546	99	(91-108)
Area geotermica	107	93	(76-112)	11	68	(34-122)	48	106	(78-141)	104	86	(70-104)	921	100	(94-107)

Note:
 EG: età gestazionale in settimane
 O/A: rapporti tra osservati (O) e attesi (A) per comune/area geotermica.
 IC95%: intervallo di confidenza al 95% di probabilità.
 In **grassetto corsivo sono** riportati gli eccessi ai limiti della significatività statistica.
 In **grassetto** sono riportati gli eccessi statisticamente significativi.

Notes:
 EG: gestational age in weeks.
 O/A: observed/expected ratio by municipality/geothermal area.
 IC95%: 95% confidence interval.
 Excesses at the limit of statistical significance are reported in **bold italic**.
 Statistically significant excesses are reported in **bold**.

Tabella 6.5. Analisi classica del basso peso e dei maschi rilevati tra i nati nel periodo 2001-2007.

Table 6.5. Classic analysis on low weight and males O/E among births. Years 2001-2007.

Capitolo 7

Discussione e conclusioni

Discussion and conclusions

Discussione

Le limitate conoscenze scientifiche sui rapporti tra esposizione a fattori ambientali correlati all'attività geotermica e stato di salute della popolazione esposta hanno motivato la conduzione di una indagine epidemiologica nell'area geotermica toscana, dove la coltivazione di fluidi geotermici per la produzione di energia elettrica rappresenta una quota importante del sistema energetico regionale. L'area geotermica toscana insiste su un'area nella provincia di Pisa (area Nord) e sull'area dell'Amiata, che interessa le province di Siena e Grosseto (area Sud).

Il disegno di studio applicato è di tipo descrittivo ecologico che, se da un lato non permette di produrre evidenze che portino a esprimere un giudizio di nesso eziologico tra causa ed effetto, dall'altro, sulla base degli archivi di dati disponibili aggregati a livello comunale, ha fornito una caratterizzazione dell'area in studio in termini di indicatori demografici, ambientali e sanitari. L'analisi delle dinamiche demografiche ha mostrato negli ultimi quarant'anni una costante diminuzione delle popolazioni residenti nelle due aree geotermiche, accompagnata da un progressivo invecchiamento, sostenuto soprattutto dalla riduzione della natalità. Nel periodo in studio l'area Sud presenta una popolazione residente più numerosa rispetto all'area Nord (rispettivamente 26.538 e 16.902 abitanti, per un totale di 43.440), elemento che influisce sulla potenza statistica delle analisi effettuate e, di conseguenza, sulla possibilità di ottenere risultati statisticamente significativi.

Il maggior numero di impianti geotermoelettrici (26 impianti, con una potenza complessiva di 722 MW) si concentra nell'area Nord, mentre l'area Sud conta cinque impianti, con una potenza totale di 88 MW.

Qualità dell'aria

Le informazioni di fonte ARPAT evidenziano che l'attività geotermica è in grado di modificare la qualità dell'aria, soprattutto per quanto riguarda l'acido solfidrico nell'area geotermica Nord, e per l'acido solfidrico e il mercurio nell'area Sud, prevalentemente nell'Amiata senese.

Per il **mercurio** nell'aria, un contributo rilevante è legato anche alle emissioni dagli ex siti metallurgici del cinabro. Sebbene i livelli di mercurio nelle postazioni di monitoraggio siano sempre al di sotto dei valori guida raccomandati dall'OMS, le concentrazioni riscontrate nell'aria dell'Amiata senese sono risultate significativamente superiori a quelle delle altre aree geotermiche, che sono assestate sugli stessi livelli riscontrati in aree non geotermiche.

I livelli di concentrazione di **acido solfidrico** sono inferiori ai valori di riferimento, con occasionali superamenti del valore guida di tutela sanitaria OMS. Più critici sono i dati di inquinamento olfattivo, che si verifica con il superamento del valore soglia di $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'acido solfidrico, riscontrato con vario grado di intensità in tutte le postazioni di monitoraggio localizzate sia in comuni dove sono presenti impianti geotermici sia in comuni senza impianti.

Qualità dell'acqua

Per quanto riguarda l'acqua, emerge come elemento di criticità il riscontro di alcuni livelli elevati di arsenico nelle acque della rete di distribuzione degli acquedotti, tanto che in diverse real-

tà comunali è stato fatto da tempo ricorso alla concessione di deroghe ai parametri previsti dal decreto legislativo vigente (DLgs 31/01). Nel corso del 2010, anche grazie ai nuovi sistemi di abbattimento o tecniche di diluizione introdotti dagli enti gestori, i livelli medi di arsenico nei comuni in studio si sono posizionati o al di sotto del livello di riferimento OMS di 10 µg/l o, per tre comuni, al di sotto del parametro più permissivo di 20 µg/l stabilito dal decreto del Ministero della salute dell'11 maggio 2011 (GU n. 151 dell'1.07.2011) con scadenza al 31.12.2012.

Analisi di mortalità

In entrambe le aree geotermiche i tassi di mortalità generale sono in costante diminuzione dal 1971 al 2006, sia per i maschi sia per le femmine, con un profilo sovrapponibile all'andamento regionale.

Alcuni commenti su segnali di rilievo relativi agli andamenti temporali specifici per gruppi di patologia sono riportati in seguito.

Nel periodo tra il 2000 e il 2006, nell'area geotermica complessiva si registra un significativo eccesso di mortalità per tutte le cause tra i maschi (2.312 decessi, 2.146 attesi), ma non tra le femmine, rispetto alla mortalità osservata nello stesso periodo tra i residenti dei comuni limitrofi. L'eccesso a carico dei maschi è più evidente per le malattie infettive (25 decessi, 10 attesi), in particolare per la tubercolosi (8 decessi, 2 attesi), per quelle respiratorie (218 decessi, 170 attesi), in particolare la pneumoconiosi, rappresentata da decessi per silicosi (51 decessi, 14 attesi), e per le malattie del sistema nervoso (72 decessi, 56 attesi). Tale gruppo di cause ha una eziologia multifattoriale con evidenze epidemiologiche inadeguate.

La pneumoconiosi, patologia associata a esposizioni occupazionali,¹²⁹⁻¹³⁷ è uno dei fattori di rischio più importanti per la tubercolosi polmonare.¹³⁸⁻¹⁴²

Mentre la pneumoconiosi è in eccesso in ambedue le aree geotermiche, la tubercolosi polmonare è in eccesso solo nell'area Sud, dove sono stati osservati 7 degli 8 casi totali. Questi risultati supportano l'ipotesi di un effetto di comuni fattori di rischio occupazionali nell'area Sud.

Tra le femmine si rileva un eccesso significativo di mortalità per cirrosi epatica (35 decessi, 25 attesi) e un altrettanto significativo scostamento in difetto per malattie cardiovascolari e malattie ischemiche cardiache. L'eccesso di mortalità per cirrosi epatica orienta l'attenzione all'esposizione ai virus epatitici B e C e al consumo eccessivo e prolungato nel tempo di alcol, piuttosto che a fattori di inquinamento ambientale.¹⁴³ Il minor rischio di mortalità per malattie ischemiche cardiache osservato per le femmine, e non per i maschi, è più difficile da interpretare in considerazione dei molti fattori di rischio riconosciuti associati.¹¹⁵

Dall'analisi dei risultati della mortalità, e per genere, delle due aree geotermiche emerge con chiarezza una eterogeneità geografica degli stimatori di rischio di mortalità, con l'area Sud penalizzata rispetto a quella Nord. Nell'area Nord, in-

fatti, per i maschi si osservano scostamenti in difetto rispetto all'atteso del 15% per i tumori di tutte le sedi, e in particolare del 25% per il tumore polmonare. I pochi eccessi significativi si registrano per le malattie infettive nei maschi (11 decessi osservati, 4 attesi), per le malattie respiratorie (90 osservati, 73 attesi), in particolare per pneumoconiosi (20 osservati, 6 attesi). Tra le femmine emergono eccessi significativi per il tumore dell'ovaio (17 osservate, 10 attese) e per i disturbi circolatori dell'encefalo (170 osservati, 140 attesi). Le evidenze sull'eziologia per il tumore dell'ovaio sono concentrate su vari fattori di rischio, tra cui esposizione ad amianto,^{144,145} mentre per i disturbi circolatori dell'encefalo ci sono sufficienti evidenze sia per fattori ambientali sia per fumo e alcol.¹¹⁵

Da segnalare che tra le femmine sono in difetto del 13% i decessi per infarto miocardico acuto.

Dunque, nell'area Nord, dove è localizzata la maggior parte degli impianti geotermoelettrici, emergono pochi eccessi di mortalità, alcuni ragionevolmente attribuibili a fattori occupazionali (pneumoconiosi tra i maschi), altri potenzialmente associabili a molteplici fattori di rischio (disturbi circolatori dell'encefalo tra le femmine).

L'area geotermica Sud presenta invece le maggiori criticità, che spiegano gran parte degli eccessi rilevati nell'area geotermica complessiva. Solo le malattie infettive e la pneumoconiosi, infatti, sono le cause rilevate in eccesso in entrambe le aree geotermiche. Nell'area geotermica Sud la mortalità generale è in eccesso nei maschi, ma non nelle femmine, nella misura del 15% rispetto ai comuni limitrofi. In numeri assoluti si tratta di 27 decessi maschili in più ogni anno rispetto all'atteso. Anche l'insieme dei tumori risulta in eccesso solo nei maschi, con un eccesso del 21%, che in numeri assoluti equivale a 12 decessi in più ogni anno rispetto all'atteso. Tra i tumori, gli eccessi si polarizzano su quelli dello stomaco (53 decessi, 44 attesi), del fegato (39 decessi, 23 attesi) e del polmone (124 decessi, 102 attesi). La Toscana è regione da sempre ad alto rischio per incidenza del tumore dello stomaco, con aree particolarmente critiche lungo la dorsale appenninica, e più in generale nelle comunità montane della regione. Le maggiori evidenze epidemiologiche sulle cause del tumore allo stomaco sono attribuibili al fumo attivo di sigaretta, a fattori socioeconomici, all'alimentazione, all'esposizione a *Helicobacter pylori*, a fattori genetici,¹¹⁵ ma non è da escludere una componente del rischio attribuibile a fattori ambientali, e in particolare a esposizioni a contaminanti chimici.¹⁴⁶ L'incidenza del tumore del fegato è correlata invece al danno cronico epatico e ai suoi determinanti, tra cui, come detto, l'eccesso di consumo di alcol e le infezioni da virus epatitici B e C.¹⁴⁷⁻¹⁵⁰

L'eziopatogenesi del tumore del polmone è complessa e multifattoriale, riconoscendo un ampio range di fattori di rischio individuali e ambientali.¹¹⁵

L'eccesso significativo di mortalità per malattie dell'apparato respiratorio riscontrato nell'area geotermica Sud è presente

solo nei maschi (128 decessi, 97 attesi), legato perlopiù all'eccesso di mortalità per silicosi (20 dei 31 decessi in eccesso per malattie respiratorie) e in costante decremento dal 1971, con trend analogo a quello regionale. Come per l'area geotermica totale, la tubercolosi risulta in eccesso (7 decessi, un atteso). Tutto questo rende plausibile ipotizzare un maggiore ruolo causale delle esposizioni occupazionali del passato e del fumo di tabacco, piuttosto che delle esposizioni a fattori ambientali. Per la mortalità per malattie respiratorie tra le femmine si rileva poi un eccesso di morti per malattie respiratorie acute del 42% (41 osservate, 29 attese), mentre l'eccesso non è significativo tra i maschi.

Si osserva inoltre un eccesso del 30% di mortalità per malattie dell'apparato digerente (72 osservate, 55 attese).

La mortalità per malattie respiratorie acute, dopo una diminuzione dagli anni Settanta agli anni Novanta, mostra una tendenza alla risalita negli anni più recenti nell'area geotermica Sud, con profilo analogo al trend storico della regione Toscana. L'eccesso di mortalità per patologie con periodo di incubazione breve, come quello emerso per le malattie respiratorie acute tra le sole femmine, per il quale è difficile un'attribuzione al ruolo di esposizioni professionali, in un territorio esposto a esalazioni naturali e a emissioni da impianti, impone una attenta strategia di monitoraggio ambientale e di sorveglianza epidemiologica. D'altra parte, è da rilevare che tra le singole malattie respiratorie acute la diagnosi più comune è quella di polmonite, maggiormente rappresentata nella classe d'età della popolazione anziana (>64 anni), che nel certificato di decesso è spesso di discutibile affidabilità.

L'eccesso di mortalità nell'area geotermica Sud per malattie dell'apparato digerente è in gran parte attribuibile alla cirrosi epatica e ai suoi fattori di rischio.¹¹⁵ Il minor rischio di mortalità per malattie circolatorie cardiache e cerebrali confinato alle femmine è di complessa interpretazione.

In sintesi, l'analisi di mortalità evidenzia un profilo di mortalità peggiore nell'area geotermica Sud soprattutto nei maschi, per i quali emergono eccessi per tutti i tumori e per diverse cause tumorali, mentre nell'area Nord è da segnalare l'eccesso per disturbi circolatori dell'encefalo per le femmine.

Analisi di ospedalizzazione

I risultati dell'analisi dei ricoverati mostrano che nell'area geotermica totale non si osservano eccessi per il totale delle cause e per il totale dei tumori in entrambi i generi. Emergono eccessi statisticamente significativi di ricoverati per tumore dello stomaco sia tra i maschi (49 osservati, 38 attesi), confermando il dato emerso dall'analisi della mortalità, sia tra le femmine (42 osservati, 28 attesi), e di ricoverate tra le femmine per i tumori linfomatopoietici, in particolare per leucemie linfatiche (15 osservati, 5 attesi). Le evidenze epidemiologiche sui fattori ambientali causali di leucemie sono ridotte; tra queste sono da segnalare alcuni studi che mettono in relazione l'esposizione occupazionale a

campi elettromagnetici con l'insorgenza di leucemie negli adulti, con un livello di evidenza considerato inadeguato.¹⁵¹ Il benzene è certamente leucemogeno¹⁵² ma non sembra pertinente la sua segnalazione nel caso di specie.

Come evidenziato anche nell'analisi della mortalità, i risultati dei ricoverati distinti per aree geotermiche e genere, fanno emergere una maggiore criticità di ospedalizzazione causa-specifica nell'area Sud rispetto all'area Nord.

Nell'area Nord la frequenza di ricoverati per tutte le cause è in eccesso significativo per le femmine (1.357 osservati, 1.284 attesi) e non significativo per i maschi (1.193 osservati, 1.141 attesi), mentre un eccesso ai limiti della significatività statistica per tutti i tumori emerge solo per le femmine (297 osservati, 272 attesi). Inoltre, si osservano eccessi di ricoverati statisticamente significativi per le malattie dell'apparato digerente in entrambi i generi (M: 392 osservati, 350 attesi; F: 300 osservati, 268 attesi), per le demenze (16 osservati, 8 attesi) e per i tumori del sistema linfomatopoietico tra le femmine, in particolare per le leucemie linfatiche (9 osservati, 2 attesi). Il gruppo delle malattie dell'apparato digerente è a elevata eterogeneità eziologica e l'unica causa con evidenze sufficienti è l'abuso di alcol. Dalle analisi effettuate è emerso che la cirrosi non è risultata in eccesso significativo e quindi non ha contribuito in modo significativo all'eccesso evidenziato per tutto il gruppo. Una analisi dei ricoverati per singole cause di malattia dell'apparato digerente al fine di individuare i fattori di esposizione richiede uno studio *ad hoc* che potrà essere attivato a seguito di consenso di interesse e fattibilità.

Le cause maggiormente associate all'insorgenza di demenza sono il fumo di tabacco,^{153,154} l'alcol¹⁵⁵ e lo stato socioeconomico.¹⁵⁶

Per le leucemie è da segnalare che l'eccesso è principalmente ascrivibile a un aggregato di ricoverate residenti nel comune di Pomarance, dove la presenza di una fitta rete di elettrodotti da 132 kV e da 320 kV può essere indicativa di una ipotesi da sottoporre a verifica.

Nell'area Sud, diversamente da quanto emerso dai risultati della mortalità, non si osservano eccessi di ricoverati per il totale delle cause e per il totale dei tumori in entrambi i generi. L'analisi delle cause evidenzia eccessi statisticamente significativi di ricoverati per tumore allo stomaco (M: 32 osservati, 21 attesi con eccesso confermato anche nella mortalità; F: 29 osservati, 18 attesi), malattie dell'apparato respiratorio (M: 408 osservati, 351 attesi; F: 339 osservati, 277 attesi) e insufficienza renale (M: 61 osservati, 41 attesi; F: 52 osservati, 34 attesi) per entrambi i generi.

Per gli uomini si evidenziano eccessi di ricoverati statisticamente significativi per tumore del fegato (23 osservati, 14 attesi), per il morbo di Parkinson (10 osservati, 4 attesi) e per malattie genito-urinarie (312 osservati, 282 attesi).

Per le donne emergono eccessi statisticamente significativi di ricoverate per tumore dell'esofago (4 osservati, un atteso), per tumore del sistema nervoso centrale (22 osservati, 14 attesi), per disturbi circolatori dell'encefalo (235 osser-

vati, 209 attesi) e per malattie polmonari cronico-ostruttive (70 osservati, 42 attesi).

Le evidenze epidemiologiche sulle possibili cause di insorgenza delle malattie dell'apparato respiratorio è molto ampia: le esposizioni più a rischio sono state documentate tra i fattori socioeconomici,¹⁵⁷⁻¹⁶⁰ l'occupazione,^{161,162} il fumo^{163,164} e l'alcol¹⁶⁵ e in numerosi fattori ambientali, in primo luogo l'inquinamento dell'aria.¹⁶⁶ L'eccesso di malattie respiratorie emerso nell'area Sud per entrambi i sessi, e l'eccesso di malattie polmonari cronico-ostruttive nelle femmine, rafforzano l'ipotesi della presenza di esposizioni ambientali comuni diffuse sul territorio. Anche gli studi di Bates,⁶⁻⁸ sebbene relativi alla zona di Rotorua che, rispetto alla zona geotermica dell'Amiata, è interessata da livelli di acido solfidrico (di origine naturale e antropica) più elevati, hanno evidenziato eccessi significativi di patologie a carico dell'apparato respiratorio. Il segnale emerso è coerente anche con quanto riportato da Legator⁹ nell'indagine condotta nell'area limitrofa a una centrale geotermoelettrica nelle Hawaii.

Le cause dell'insufficienza renale non sono ancora ben chiare, anche perché sono state poco studiate; tra le patologie correlate ci sono principalmente il diabete, l'ipertensione, le infezioni del sangue e dei reni, e tra i fattori di rischio l'abuso di farmaci e di alcol. Gli studi epidemiologici sui fattori ambientali sono insufficienti e le connesse evidenze epidemiologiche inadeguate, sebbene meritino approfondimento i possibili effetti legati alla nefrotossicità di alcuni metalli pesanti (arsenico, piombo, cadmio, mercurio, cromo).¹⁶⁷⁻¹⁷²

Per il tumore dell'esofago le cause principali sono il fumo di tabacco^{163,173-177} e l'abuso continuato di alcol^{147,150,173,174,176} oltre ad alcune esposizioni occupazionali.^{146,173,176,178} Tuttavia, l'osservazione di un eccesso tra le sole donne non permette di escludere anche un possibile ruolo di esposizioni ambientali da ricercare nell'area Sud.

Il tumore del sistema nervoso centrale ha una eziologia poco conosciuta nonostante sia stata indagata in numerose ricerche.¹⁷⁹⁻¹⁸⁴

Le evidenze epidemiologiche sulle possibili cause di insorgenza di disturbi circolatori dell'encefalo è molto ampia: le esposizioni sono da ricercare tra i fattori socioeconomici, il fumo, l'alcol e nell'inquinamento dell'aria.^{166,185-190}

In sintesi, dai risultati delle analisi eseguite sui ricoverati emerge un eccesso per tutte le cause nell'area Nord per entrambi i sessi. Inoltre, sono emersi segnali in eccesso: per le malattie del sistema digerente in entrambi i sessi dell'area Nord; per i tumori linfomatopoietici tra le donne nell'area Nord, in particolare nel comune di Pomarance; per tumore allo stomaco, disturbi circolatori dell'encefalo, malattie respiratorie e renali in entrambi i generi e per tumore del sistema nervoso centrale tra le femmine dell'area Sud.

Tra le patologie con eccessi di ospedalizzazione nelle classi di età inferiore a 64 anni sono degni di attenzione gli eccessi di ricoverate tra le femmine di età 35-64 anni residenti

nell'area Nord per malattie dell'apparato digerente e in quelle residenti nell'area Sud per tumore del sistema nervoso e dell'esofago (eccesso elevato sorretto da 3 casi).

Per quanto riguarda le malformazioni congenite (MC), dal complesso delle analisi effettuate considerando i nati e le interruzioni di gravidanza in seguito a diagnosi prenatale di anomalia, emergono eccessi statisticamente significativi a carico delle MC urogenitali solo nella zona geotermica Sud. Tale gruppo di MC include malformazioni diverse dal punto di vista eziopatogenetico: si ritiene opportuno svolgere un approfondimento caso per caso al fine di escludere o confermare l'esistenza di addensamenti geografici anomali di malformazioni a eziologia multifattoriale.

Le analisi sul basso peso alla nascita, sulle nascite pretermine e sul rapporto osservato/atteso nei maschi evidenziano una frequenza di eventi avversi alla nascita in linea con il riferimento regionale.

Analisi geografica a livello comunale

I comuni con eccessi di mortalità generale sono risultati Abbadia San Salvatore e Arcidosso per entrambi i generi, Castel del Piano e Piancastagnaio per i soli maschi, tutti nell'area Sud.

In questi comuni, con l'eccezione di Castel del Piano, sono emersi eccessi di mortalità per tutti i tumori, sempre nei maschi. Gli eccessi sono a carico del tumore dello stomaco a Castel del Piano tra le femmine, del fegato a Piancastagnaio tra i maschi, del polmone ad Abbadia San Salvatore nei maschi e ad Arcidosso in entrambi i sessi. Nell'area Nord eccessi significativi per le cause specifiche sono emersi a Pomarance per disturbi circolatori dell'encefalo in entrambi i sessi e per tumore dell'ovaio.

Nell'area Nord, eccessi di ricoverati per tutte le cause sono emersi a Castelnuovo Val di Cecina per entrambi i generi, mentre per le cause specifiche eccessi significativi sono emersi a Pomarance per tumori del linfomatopoietico, in particolare per le leucemie, tra le femmine.

Nell'area Sud, i comuni con eccessi di ricoverati per tutte le cause sono risultati San Casciano dei Bagni per entrambi i generi, Arcidosso, Castel del Piano e Roccalbegna per i maschi.

In nessun comune sono emersi eccessi per tutti i tumori. Eccessi sia per malattie dell'apparato respiratorio sia per insufficienza renale sono emersi ad Arcidosso e Castel del Piano per entrambi i generi e a Santa Fiora per i maschi, ad Abbadia San Salvatore per le femmine è stato osservato un eccesso per malattie dell'apparato respiratorio. Nel comune di Santa Fiora è emerso anche un addensamento di ricoverate per tumore del sistema nervoso centrale.

Considerando congiuntamente i risultati emersi per entrambi i generi dalle analisi di mortalità e ricovero, i comuni con i segnali più consistenti sono Castelnuovo Val di Cecina e Pomarance nell'area Nord, Abbadia San Salvatore, Arcidosso, Piancastagnaio, San Casciano dei Bagni e Santa Fiora nell'area Sud.

Ruolo delle condizioni socioeconomiche

L'ID può essere considerato come un indicatore di deprivazione contestuale e di proxy del livello individuale di deprivazione socioeconomica.¹⁹¹⁻¹⁹⁴

Nel complesso delle analisi effettuate l'aggiustamento non produce significative differenze, il che suggerisce un modesto effetto di confondimento misurabile attraverso l'ID utilizzato.¹²¹ E' verosimile che la costruzione di un ID *ad hoc*, basato su variabili del censimento più rappresentative della realtà socioeconomica dell'area in studio, possa essere maggiormente informativo. D'altra parte, come recentemente discusso nello studio Sentieri,¹¹⁵ l'efficacia dell'indice di deprivazione di Caranci nel misurare adeguatamente la deprivazione socioeconomica a livello microgeografico può essere ritenuta soddisfacente. Lo studio Sentieri¹¹⁵ ha contribuito a chiarire che l'effetto della deprivazione socioeconomica può essere differente a seconda della patologia in studio, infatti per alcune patologie ci sono evidenze epidemiologiche sufficienti ad affermare che per popolazioni meno deprivate ci sia un rischio di mortalità che aumenta, per altre cause è emerso che all'aumentare della deprivazione aumenta il rischio di mortalità.

A titolo di approfondimento è stata valutata l'efficacia dell'ID sul tumore del polmone (patologia associata in modo diretto a fattori socioeconomici) nell'area Sud (area meno deprivata rispetto all'area di riferimento). I risultati hanno confermato l'ipotesi attesa di incremento degli stimatori dopo aggiustamento per ID. E' stato inoltre valutato l'effetto dell'ID sulle stime di rischio per la totalità dei tumori e anche in questo caso i risultati sono coerenti con quanto atteso.

I risultati hanno supportato l'adeguatezza dell'indicatore utilizzato nel contesto territoriale in studio e pertanto la modesta variazione del SMR/SHR dopo aggiustamento per ID è ragionevolmente motivata dalla modesta eterogeneità di condizioni socioeconomiche tra l'area in studio e l'area di riferimento.

Le problematiche dei test multipli

Infine si fa presente che, avendo analizzato 60 cause di malattia per sesso e area, sono state testate molteplici ipotesi di rischio di decesso e/o di ricovero senza tenere conto di correzioni mediante metodi appropriati, come per esempio il metodo proposto da Jones et al.¹⁹⁵ D'altra parte, si è ritenuto che la valutazione degli eccessi tenesse conto in primo luogo sia dell'entità degli eccessi e della loro precisione (valutata attraverso l'intervallo di confidenza), sia della eziologia delle cause (con particolare attenzione ai fattori ambientali), dando un'importanza minore alla significatività statistica basata su valori di p definiti a priori, e assumendoci quindi la responsabilità di applicare un modello più sensibile nel rifiutare l'ipotesi nulla, cioè nell'identificare scostamenti da porre all'attenzione.

Conclusioni

Per concludere, al netto dei limiti propri degli studi con disegno epidemiologico descrittivo, basato esclusivamente su da-

ti ambientali e sanitari esistenti, analizzati in modo aggregato a livello dei comuni di residenza, le analisi effettuate evidenziano un quadro epidemiologico nell'area geotermica nel suo complesso non difforme da quello dei comuni limitrofi non geotermici, sebbene la mortalità per tutte le cause risultata in eccesso tra i maschi ne rappresenti un tratto distintivo.

Non mancano tuttavia elementi di criticità attinenti ad alcuni livelli di inquinamento ambientale e a eccessi di mortalità e ricovero emersi per un numero limitato di malattie, più evidenti nell'area geotermica dell'Amiata (area Sud) rispetto a quella della provincia di Pisa (area Nord).

I risultati complessivi, più critici per i maschi, e per la maggior parte disallineati tra mortalità e ricovero, indicano che i maggiori determinanti delle debolezze riscontrate nel profilo di salute dell'area geotermica sono da ricercare principalmente nelle occupazioni e nelle attività produttive del passato, senza escludere esposizioni più recenti, negli stili di vita individuali, in una componente ambientale, o in altri fattori al momento non noti. Le cause di maggior interesse sul piano di una precisazione eziologica sembrano in particolare le malattie respiratorie acute, in eccesso di mortalità tra le donne dell'area Sud, i disturbi circolatori dell'encefalo, in eccesso di mortalità tra le donne dell'area Nord (sebbene sia da rilevare che le altre malattie del sistema circolatorio sono in linea o in difetto), le malattie dell'apparato respiratorio e le insufficienze renali, in eccesso di ospedalizzazione nell'area Sud per entrambi i generi.

Sebbene il disegno dello studio non permetta speculazioni sul nesso causa-effetto, il rilievo di eccessi di tali patologie, ancorché non chiarite dal punto di vista eziopatogenetico, in aree con presenza documentata di inquinamento di diversa fonte e tipologia e con elevata preoccupazione delle comunità locali, hanno rafforzato le indicazioni per il miglioramento e monitoraggio ambientale, e indirizzato a suggerire alle autorità regionali e locali l'opportunità di approfondimenti epidemiologici specifici.

I segnali osservati a livello comunale, anche con l'ausilio degli stimatori bayesiani, sono utili per fornire indicazioni sul dove concentrare maggiormente approfondimenti e interventi. Gli eccessi osservati a carico anche di malattie croniche difficilmente riconducibili a fattori ambientali ha suggerito l'elaborazione di uno specifico piano di salute in condivisione con le locali unità sanitarie, in particolare dell'area amiatina.

Rispetto ai principali eccessi osservati, le azioni in corso sono di caratterizzazione epidemiologica, di incremento delle attività degli ambulatori endoscopici e di prevenzione dei tumori, in particolare dello stomaco e del colon-retto, di potenziamento dell'attività di diagnosi precoce e di adesione della popolazione agli screening, di promozione alla salute attraverso l'aumento del tempo degli ambulatori dedicati a ridurre il numero dei fumatori e dei bevitori eccessivi di alcol, con il supporto degli specialisti e dei medici di medicina generale. E' infine in atto un rafforzamento delle campagne di vaccinazione degli adulti per l'epatite e per l'influenza.

Bibliografia/References

- Barbier E, Santoprete G. L'energia geotermica. Una fonte di energia all'interno della terra. Torino, Giappichelli Editore, 1993.
- Dickson MH, Fanelli M. Geothermal Energy. Utilization and Technology. Earthscan 2005; 18: 205.
- Bacci E. Energia geotermica. Impieghi, implicazioni ambientali, minimizzazione dell'impatto. Firenze, ARPAT 1998.
- ARPAT. Monitoraggio aree geotermiche. 2002.
- Hansell A, Oppenheimer C. Health hazards from volcanic gases: a systematic literature review. Arch Environ Health 2004; 59: 628-39.
- Bates MN, Garrett N, Graham B, Read D. Air pollution and mortality in the Rotorua geothermal area. Aust N Z J Public Health 1997; 21: 581-6.
- Bates MN, Garrett N, Graham B, Read D. Cancer incidence, morbidity and geothermal air pollution in Rotorua. New Zealand. Int J Epidemiol 1998; 27: 10-4.
- Bates MN, Garrett N, Shoemack P. Investigation of health effects of hydrogen sulfide from a geothermal source. Arch Environ Health 2002; 57: 405-11.
- Legator MS, Singleton CR, Morris DL, Philips DL. Health effects from chronic low-level exposure to hydrogen sulfide. Arch Environ Health 2001; 56: 123-31.
- Horwell CJ, Patterson JE, Gamble JA, Allen AG. Monitoring and mapping of hydrogen sulphide emissions across an active geothermal field: Rotorua, New Zealand. J Vol Geo Res 2005; 139: 259-69.
- Horwell CJ, Allen AG, Mather TA, Patterson JE. Evaluation of a novel passive sampling technique for monitoring volcanogenic hydrogen sulfide. J Environ Monit 2004; 6: 630-35.
- Durand M, Wilson JG. Spatial analysis of respiratory disease on an urbanized geothermal field. Environ Res 2006; 101: 238-45.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for Hydrogen Sulfide. ATSDR, 2006
- WHO. Hydrogen sulphide: human health aspects. Concise International Chemical Assessment Document 53. WHO 2003.
- Amoore JE, Hautala E. Odor as an aid to chemical safety: odor thresholds compared with threshold limit values and volatilities for 214 industrial chemicals in air and water dilution. J Appl Toxicol 1983; 3: 272-90.
- Jäppinen P, Vilkkä V, Marttila O, Haahtela T. Exposure to hydrogen sulphide and respiratory function. Br J Ind Med 1990; 47: 824-8.
- Vanhoorne M, de Rouck A, de Bacquer D. Epidemiological study of eye irritation by hydrogen sulphide and/or carbon disulphide exposure in viscose rayon workers. Ann Occup Hyg 1995; 39: 307-15.
- Bhambhani Y, Singh M. Physiological effects of hydrogen sulfide inhalation during exercise in healthy men. J Appl Physiol 1991; 71: 1872-7.
- Bhambhani Y, Burnham R, Snyder G et al. Effects of 5 ppm hydrogen sulfide inhalation on biochemical properties of skeletal muscle in exercising men and women. Am Ind Hyg Assoc J 1996; 57: 464-8.
- Bhambhani Y, Burnham R, Snyder G, MacLean I. Effects of 10-ppm hydrogen sulfide inhalation in exercising men and women. Cardiovascular, metabolic, and biochemical responses. J Occup Environ Med 1997; 39: 122-9.
- IPCS. Hydrogen sulfide. Geneva, World Health Organization International Programme on Chemical Safety, 1981.
- Ahlborg G. Hydrogen sulfide poisoning in shale oil industry. AMA Arch Ind Hyg Occup Med 1951; 3: 247-66.
- Hirsch AR, Zavala G. Long-term effects on the olfactory system of exposure to hydrogen sulphide. Occup Environ Med 1999; 56: 284-87.
- Spolyar LW. Three men overcome by hydrogen sulfide in starch plant. Ind Health Mon 1951; 11: 116-7.
- Beauchamp RO Jr, Bus JS, Popp JA et al. A critical review of the literature on hydrogen sulfide toxicity. Crit Rev Toxicol 1984; 13: 25-97.
- Kilburn KH, Warshaw RH. Hydrogen sulfide and reduced-sulfur gases adversely affect neurophysiological functions. Toxicol Ind Health 1995; 11: 185-97.
- Kilburn KH. Exposure to reduced sulfur gases impairs neurobehavioral function. South Med J 1997; 90: 997-1006.
- Kilburn KH. Effects of hydrogen sulfide on neurobehavioral function. South Med J. 2003; 96: 639-46.
- Pira E, Turbiglio M, Maroni M et al. Mortality among workers in the geothermal power plants at Larderello, Italy. Am J Ind Med 1999; 35: 536-9.
- Partti-Pellinen K, Marttila O, Vilkkä V et al. The South Karelia Air Pollution Study: effects of low-level exposure to malodorous sulfur compounds on symptoms. Arch Environ Health 1996; 51: 315-20.
- Jaakkola JJ, Partti-Pellinen K, Marttila O et al. The South Karelia Air Pollution Study: changes in respiratory health in relation to emission reduction of malodorous sulfur compounds from pulp mills. Arch Environ Health 1999; 54: 254-63.
- Kilburn KH, Thrasher JD, Gray MR. Low-level hydrogen sulfide and central nervous system dysfunction. Toxicol Ind Health 2010; 26: 387-405.
- Whiteman M, Le Trionnaire S, Chopra M et al. Emerging role of hydrogen sulfide in health and disease: critical appraisal of biomarkers and pharmacological tools. Clin Sci (Lond) 2011; 121: 459-88.
- Szabó G, Veres G, Radovits T et al. Cardioprotective effects of hydrogen sulfide. Nitric Oxide 2011; 25(2): 201-10. Epub 2010 Nov 19.
- King AL, Lefer DJ. Cytoprotective actions of hydrogen sulfide in ischaemia-reperfusion injury. Exp Physiol 2011; 96: 840-6.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Mercury. ATSDR, 1999
- Bluhm RE, Bobbitt RG, Welch LW et al. Elemental mercury vapour toxicity, treatment, and prognosis after acute, intensive exposure in chloralkali plant workers: Part I. History, neuropsychological findings and chelator effects. Hum Exp Toxicol 1992a; 11: 201-10.
- Bluhm RE, Breyer JA, Bobbitt RG. Elemental mercury vapour toxicity, treatment, and prognosis after acute, intensive exposure in chloralkali plant workers: Part II. Hyperchloraemia and genitourinary symptoms. Hum Exp Toxicol 1992b; 11: 211-15.
- Lilis R, Miller A, Lerman Y. Acute mercury poisoning with severe chronic pulmonary manifestations. Chest 1985; 88: 306-309.
- Livardjani F, Heimburger R, Leroy MJF et al. Optimization of blood sample mineralization for mercury analysis by cold vapor atomic absorption. Analysis 1991; 19: 205-207.
- Snodgrass W, Sullivan JB, Rumack BH et al. Mercury poisoning from home gold ore processing: Use of penicillamine and dimercaprol. JAMA 1981; 246: 1929-31.
- ATSDR. Toxicological Profile for Ammonia. ATSDR, 2004
- Close LG, Catlin FI, Cohn AM. Acute and chronic effects of ammonia burns of the respiratory tract. Arch Otolaryngol 1980; 106: 151-58.
- Ali BA, Ahmed HO, Ballal SG et al. Pulmonary function of workers exposed to ammonia: A study in the Eastern Province of Saudi Arabia. Int J Occup Environ Health 2001; 7: 19-22.
- Chan H, Pannunzio M, Hazell AS et al. Exposure to ammonia results in decreased glutamate transporter activity in cultured cerebellar granule cells. J Neurochem 2001; 78: 40.
- Appelman LM, ten Berg WF, Reuzel PGJ. Acute inhalation toxic-

- ity of ammonia in rats with variable exposure periods. *Am Ind Hyg Assoc J* 1982; 43: 662-65.
47. Benyajati S, Goldstein L. Renal glutaminase adaptation and ammonia excretion in infant rats. *Am J Physiol* 1975; 228: 693-98.
 48. WHO. Arsenic in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO, 2011.
 49. WHO. Exposure to arsenic: A major public health concern. WHO, 2010.
 50. ATSDR. Toxicological Profile for Arsenic. ATSDR, 2007.
 51. Bloom MS, Fitzgerald EF, Kim K et al. Spontaneous pregnancy loss in humans and exposure to arsenic in drinking water. *Int J Hyg Environ Health* 2010; 213: 401-13.
 52. Cantor KP. Carcinogens in drinking water: the epidemiologic evidence. *Rev Environ Health* 2010; 25: 9-16.
 53. Celik I, Gallicchio L, Boyd K et al. Arsenic in drinking water and lung cancer: a systematic review. *Environ Res* 2008; 108: 48-55.
 54. Cantor KP, Lubin JH. Arsenic, internal cancers, and issues in inference from studies of low-level exposures in human populations. *Toxicol Appl Pharmacol* 2007; 222: 252-7.
 55. IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Vol.84 Some Drinking-water Disinfectants and Contaminants, including Arsenic. Lione, IARC 2004.
 56. Chen Y, Parvez F, Gamble M et al. Arsenic exposure at low-to-moderate levels and skin lesions, arsenic metabolism, neurological functions, and biomarkers for respiratory and cardiovascular diseases: review of recent findings from the Health Effects of Arsenic Longitudinal Study (HEALS) in Bangladesh. *Toxicol Appl Pharmacol* 2009; 239: 184-92.
 57. Balakumar P, Kaur J. Arsenic exposure and cardiovascular disorders: an overview. *Cardiovasc Toxicol* 2009; 9: 169-76.
 58. ATSDR. Toxicological Profile for Boron. ATSDR, 2010.
 59. WHO. Boron in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO 2011
 60. Garabrant DH, Bernstein L, Peters JM et al. Respiratory and eye irritation from boron oxide and boric acid dusts. *J Occup Med* 1984; 26: 584-586.
 61. Hu X, Wegman DH, Eisen EA et al. Dose related acute irritant symptom responses to occupational exposure to sodium borate dusts. *Br J Ind Med* 1992; 49: 706-713.
 62. Wegman DH, Eisen EA, Hu X et al.. Acute and chronic respiratory effects of sodium borate particulate exposures. *Environ Health Perspect* 1994; 102: 119-128.
 63. IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A Review of Human Carcinogens. Volume 100. Lione, IARC 2011.
 64. ATSDR. Toxicological profile for antimony and compounds. ATSDR, 1992.
 65. Groth DH, Stettler LE, Burg JR, et al. Carcinogenic effects of antimony trioxide and antimony ore concentrate in rats. *J Toxicol Environ Health* 1986; 18: 607-26.
 66. Watt WD. Chronic inhalation toxicity of antimony trioxide: Validation of the threshold limit value. Dissertation, Wayne State University 1983.
 67. Cooper DA, Pendergrass EP, Vorwald AJ et al. Pneumoconiosis among workers in an antimony industry. *Am J Roentgen Rad Ther Nuclear Med* 1968; 103: 495-508.
 68. Brieger H, Semisch CW III, Stasney J et al. Industrial antimony poisoning. *Ind Med Surg* 1954; 23: 521-23.
 68. Potkonjak V, Pavlovich M. Antimoniosis: A particular form of pneumoconiosis. I. Etiology, clinical and x-ray findings. *Int Arch Occup Environ Health* 1983; 51: 199-207.
 70. IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Vol.43 Man-made mineral fibres and radon. Lione, IARC 1988
 71. IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Vol.100D A Review of Human Carcinogens: Radiation. Lione, IARC 2011
 72. WHO. Handbook on indoor radon - a public health perspective. WHO, 2009
 73. Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM et al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies. *Epidemiology* 2005; 16: 137-45.
 74. Lubin JH, Wang ZY, Boice JD Jr et al. Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *Int J Cancer* 2004; 109: 132-7.
 75. Darby S, Hill D, Auvinen A et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ* 2005; 330: 223.
 76. Lubin JH, Boice JD Jr, Edling C et al. Lung cancer in radon-exposed miners and estimation of risk from indoor exposure. *J Natl Cancer Inst* 1995; 87: 817-27.
 77. ARPAT. Monitoraggio delle aree geotermiche - Rapporto finale biennio 2007-2008. 2009. <http://www.arpato.toscana.it/progetti/geotermia>.
 78. Barbier E, Weres O. Geothermal energy: it's role in the generation of electricity and its environmental impact. In: Senoir expert Symp. Electricity Environment, Helsinki 1991; 163-76.
 79. Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale.
 80. ARPAT. Monitoraggio delle aree geotermiche – Rapporto finale anno 2006. Direzione generale Dipartimento di Siena, 2007a. <http://www.arpato.toscana.it/progetti/geotermia>.
 81. ARPAT. Scheda informativa n. 5 sul Radon. 2007b. <http://www.arpato.toscana.it/pubblicazioni/radon>.
 82. Università degli studi di Siena. Studio geotermiale, idrogeologico e geochimico ambientale dell'area amiatina. http://www.regione.toscana.it/regione/export/RT/sito-RT/Contenuti/sezioni/ambiente_territorio/energia/rubriche/piani_progetti/visualizza_asset.html_1211115045.html 2008.
 83. Amadori M. La qualità delle acque del fiume Cecina nel tratto tra Radicondoli e Ponteginori. Tesi di laurea. Pisa. Università degli Studi di Pisa, 2004: 243.
 84. Grassi S, Squarci P. La contaminazione da boro lungo il fiume Cecina. *Atti Soc Tosc Sci Nat, Memorie serie A* 2004; 21-28.
 85. Pennisi M, Bianchini G, Muti A, Kloppmann W. Behaviour of boron and strontium isotopes in groundwater-aquifer interactions in the Cornia Plain (Tuscany, Italy). *Appl Geochem* 2006; 21: 1169-1183.
 86. Grassi S, Cortecci G, Squarci P. Groundwater re source degradation in coastal plains: the example of the Cecina area (Tuscany – Central Italy). *Applied Geochemistry* 2007; 22: 2273-2289.
 87. Amadori M. Contaminazione da boro delle acque del torrente Possera e del medio corso del fiume Cecina. Tesi di dottorato di ricerca in Scienze della Terra. Pisa: Università degli Studi di Pisa 2009; 188.
 88. Martuzzi M, Mitis F et al. Ambiente e stato di salute nella popolazione delle aree ad alto rischio di crisi ambientale in Italia. *Epidemiol Prev* 2002; 26(6): 1-56.
 89. Elliot P, Martuzzi M et al. Spatial statistical methods in environmental epidemiology: a critique. *Stat Methods Med Res* 1995; 4(2): 137-59.
 90. Cislighi C, Luppi G, Biggeri A et al. Le analisi spaziali in epidemiologia. *Epidemiol Prev* 1995; 19: 131-228.
 91. Morgenstern H. Ecologic studies in Rothman KJ and Greenland S. *Modern Epidemiology*. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1998.
 92. Elliot P, Wakefield JC et al. *Spatial Epidemiology*. New York, Oxford University Press 2000.
 93. Last JM. *A Dictionary of Public Health*. Oxford-New York, Oxford University Press 2007.
 94. Terracini B. Inquadramento teorico e metodologico. In: Cori L, Cocchi M, Comba P. Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni Ob. 1 dell'Unione Europea. Istituto superiore di sanità, Rapporti ISTISAN, 2005.
 95. Terracini B. Il ruolo dell'epidemiologia nella valutazione dell'im-

- patto di salute nei siti inquinati. In: Comba P, Bianchi F, Iavarone I, Pirastu R. (Ed). *Impatto sulla salute dei siti inquinati: metodi e strumenti per la ricerca e le valutazioni*. Istituto superiore di sanità, Rapporti ISTISAN, 2007.
96. Pearce N. (Commentary). The rise of corporate epidemiology and the narrowing of epidemiology's vision. *International Journal of Epidemiology* 2007; 36(4): 713-17.
 97. Susser M. The logic in ecological: II. The logic of design. *Am J Public Health* 1994; 84: 830-35.
 98. Schwartz S. The fallacy of the ecological fallacy: the potential misuse of a concept and consequences. *Am J Public Health* 1994; 84: 819-823.
 99. Savitz DA. *Interpreting epidemiologic evidence. Strategies for study design and analysis*. New York, Oxford University Press 2003.
 100. Susser M, Susser E. Choosing a future for epidemiology: I. Eras and paradigms. *Am J Public Health* 1996; 86(5): 668-73.
 101. Susser M. Does risk factor epidemiology put epidemiology at risk? Peering into the future. *J Epidemiol Community Health* 1998; 52(10): 608-11.
 102. Pearce N. Traditional epidemiology, modern epidemiology, and public health. *Am J Public Health* 1996; 86(5): 678-83.
 103. Pearce N. The ecological fallacy strikes back. *J Epidemiol Community Health* 2000; 54: 326-327.
 104. Bertollini R, Faberi M, Di Tanno N. *Ambiente e salute in Italia. Il Pensiero scientifico ed.* Roma: Organizzazione mondiale della sanità, Centro Europeo Ambiente e Salute. Divisione di Roma, 1997.
 105. Fano V, Cernigliaro A, Scondotto S et al. Stato di salute della popolazione residente nelle aree ad elevato rischio di crisi ambientale e nei siti di interesse nazionale della Sicilia. *Analisi della mortalità (AA 1995-2000) e dei ricoveri ospedalieri (AA 2001-2003)*. *Epidemiologia Sviluppo Ambiente, Regione Siciliana - Assessorato Sanità Dipartimento Osservatorio Epidemiologico, Dipartimento di Epidemiologia ASL RME*, 2005.
 106. Biggeri A, Lagazio C, Catelan D et al. Rapporto sullo stato di salute delle popolazioni residenti nelle aree interessate da poli industriali, minerari o militari della Sardegna. *Epidemiol Prev* 2006; 30(1): 5-95.
 107. Comba P, Bianchi F, Fazzo L et al. Health impact of waste management. Campania Working group. Cancer mortality in an area of Campania (Italy) characterized by multiple toxic dumping sites. *Ann N Y Acad Sci* 2006; 1076: 449-61.
 108. Cernigliaro A, Pollina Addario S, Cesaroni G et al. Stato di salute nelle aree a rischio ambientale in Sicilia. Aggiornamento dell'analisi di mortalità (anni 1995-2002) e dei ricoveri ospedalieri (anni 2001-2006). *Supplemento monografico Notiziario Osservatorio Epidemiologico*, 2008.
 109. Fazzo L, Belli S, Minichilli F et al; Working group. Cluster analysis of mortality and malformations in the Provinces of Naples and Caserta (Campania Region). *Ann Ist Super Sanità* 2008; 44(1): 99-111.
 110. Fazzo L, Grignoli M, Iavarone I et al. Studio preliminare di mortalità per causa di una popolazione con esposizione residenziale a campi magnetici a 50 Hz, in un quartiere del comune di Roma. *Epidemiol Prev* 2005; 29: 243-52.
 111. Fazzo L, Tancioni V, Polichetti A et al. Cause specific morbidity study of a population exposed to 50 Hz magnetic fields. *Int J Occup Environ Health* 2009; 15(8): 133-42.
 112. Dolk H, Mertens B, Kleinschmidt I et al. A standardisation approach to the control of socioeconomic confounding in small area studies of environment and health. *J Epidemiol Community Health* 1995; 49(Suppl.2): S9-S14.
 113. Elliot P, Savitz DA. Design issues in small-area studies of environment and health. *Environ Health Perspect* 2008; 116: 1098-104.
 114. Brender JD, Maantay JA, Chakraborty J. Residential proximity to environmental hazards and adverse health outcomes. *Am J Public Health* 2011; 101(Suppl.): S37-S52.
 115. Pirastu R, Ancona C, Iavarone I et al; SENTIERI Working group. SENTIERI Project. Mortality study of residents in Italian polluted sites: evaluation of the epidemiological evidence. *Epidemiol Prev* 2010; 34(5-6) Suppl.3: 1-2.
 116. Greenlees R, Neville A, Addor MC et al. Paper 6: EUROCAT member registries: organization and activities. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol*. 2011; 91(Suppl 1): S51-S100.
 117. ICBDSR – International Clearinghouse for Birth Defects – Surveillance and Research <http://www.icbdsr.org/>
 118. Flynt J, Gallup DG. Childhood lichen sclerosis. *Obstet Gynecol* 1979; 53(Suppl 3): S79-S81.
 119. EUROCAT – European Surveillance of Congenital Anomalies <http://www.eurocat-network.eu>
 120. Weatherall JA, de Wals P, Lechat MF. Evaluation of information systems for the surveillance of congenital malformations. *Int J Epidemiol* 1984; 13(2): 193-96.
 121. Caranci N, Biggeri A, Grisotto L, Pacelli B, Spadea T, Costa G. The Italian deprivation index at census block level: definition, description and association with general mortality. *Epidemiol Prev* 2010; 34(4): 167-76.
 122. Breslow NE, Day NE. *Statistical methods in cancer research. Vol II – The design and analysis of cohort studies*. Lyon, IARC 1987.
 123. Besag J, York J, Mollié A. Bayesian image restoration, with two applications in spatial statistics. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics* 1991; 43(1): 1-59.
 124. Mollié A. Bayesian mapping of Hodgkin's disease in France. In: Elliott P, Wakefield JC, Best NG, Briggs DJ, eds. *Spatial epidemiology. Methods and applications*. Oxford, Oxford University Press 2000.
 125. Gelfand AE, Hills SE, Racine-Poon A. Illustration of Bayesian inference in normal data models using Gibbs sampling. *Journal of the American Statistical Association* 1990; 85: 972-85.
 126. Gelman A, Rubin DB. Inference from iterative simulations using multiple sequences. *Statistical Science* 1992; 7: 457-511.
 127. Spiegelhalter DJ, Thomas A, Best NG. *WinBUGS Version 1.2 User Manual*. Cambridge: MRC Biostatistics Unit, 1999.
 128. ArcGis 9.2. ESRI Italia 2007.
 129. Antão VC, Pinheiro GA, Parker JE. Lung disease associated with silicates and other dusts. In Rom WN, Markovitz S (eds). *Environmental and occupational medicine*. 4th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins 2007.
 130. Atfield MD, Castranova V, Wagner GR. Respiratory disease in coal miners. In: Rom WN, Markovitz SB (eds). *Environmental and occupational medicine*. 4th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins 2007.
 131. Carta P, Aru G, Manca P. Mortality from lung cancer among silicotic patients in Sardinia: an update study with 10 more years of follow up. *Occup Environ Med* 2001; 58: 786-93.
 132. Glazer CS, Newman LS. Occupational interstitial lung disease. *Clin Chest Med* 2004; 25: 467-78, vi.
 133. Jalloul AS, Banks DE. The health effects of silica exposure. In: Rom WN, Markovitz SB (eds). *Environmental and occupational medicine*. 4th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins 2007.
 134. Madden EF, Fowler BA. Metal compounds and rare earths. In: Rom WN, Markovitz SB (eds). *Environmental and occupational medicine*. 4th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins 2007.
 135. Puntoni R, Merlo F, Borsa L et al. A historical cohort mortality study among shipyard workers in Genoa, Italy. *Am J Ind Med* 2001; 40: 363-70.
 136. Raffaelli I, Festa G, Costantini AS et al. Mortality in a cohort of asbestos cement workers in Carrara, Italy. *Med Lav* 2007; 98: 156-63.
 137. Rom WN. Asbestosis, pleural fibrosis, and lung cancer. In: Rom WN, Markovitz SB (eds). *Environmental and occupational medicine*. 4th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins 2007.
 138. World Health Organization. *Global tuberculosis control-surveillance, planning, financing. WHO Report 2006*, 2006.

139. Chaisson RE, Martinson NA. Tuberculosis in Africa – combating an HIV-driven crisis. *N Engl J Med* 2008; 358(11): 1089-92.
140. Davies PD, Yew WW, Ganguly D et al. Smoking and tuberculosis: the epidemiological association and immunopathogenesis. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 2006; 100(4): 291-98.
141. ATS/CDC Statement Committee on Latent Tuberculosis Infection. Targeted tuberculin testing and treatment of latent tuberculosis infection. American Thoracic Society. *MMWR Recomm Rep* 2000; 49(RR-6): 1-51.
142. Restrepo BI. Convergence of the tuberculosis and diabetes epidemics: renewal of old acquaintances. *Clinical Infectious Diseases* 2007; 45(4): 436-8.
143. Johnson D, Groopman JD. Toxic liver disorders. In: Rom WN, Markowitz S (eds). *Environmental and occupational medicine*. 4th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins 2007.
144. Reid A, Heyworth J, de Klerk NH, Musk B. Cancer incidence among women and girls environmentally and occupationally exposed to blue asbestos at Wittenoom, Western Australia. *Int J Cancer* 2008; 122: 2337-44.
145. Reid A, Berry G, Heyworth J et al. Predicted mortality from malignant mesothelioma among women exposed to blue asbestos at Wittenoom, Western Australia. *Occup Environ Med* 2009; 66: 169-74.
146. Clapp RW, Howe GK, Jacobs MM. Environmental and occupational causes of cancer. A review of recent scientific literature. Lowell Center for Sustainable Production, University of Massachusetts, Lowell, 2005.
147. Baan R, Straif K, Grosse Y et al. Carcinogenicity of alcoholic beverages. *Lancet Oncol* 2007; 8: 292-3.
148. Boffetta P, Hashibe M. Alcohol and cancer. *Lancet Oncol* 2006; 7: 149-56.
149. London WT, McGlynn KA. Liver cancer. In: Schottenfeld D, Fraumeni JF Jr (eds). *Cancer Epidemiology and Prevention*. 3rd ed. New York, Oxford University Press 2006.
150. Room B, Babor T, Rehm J. Alcohol and public health. *Lancet* 2005; 365: 519-30.
151. Kheifets L, Monroe J, Vergara X et al. Occupational electromagnetic fields and leukemia and brain cancer: an update to two meta-analyses. *J Occup Environ Med* 2008; 50(6): 677-88.
152. IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 29. Some industrial chemicals and dyestuffs. Lyon, IARC 1982.
153. Hernán MA, Alonso A, Logroschino G. Cigarette smoking and dementia: potential selection bias in the elderly. *Epidemiology* 2008; 19: 448-50.
154. Peters R, Poulter R, Warner J et al. Smoking, dementia and cognitive decline in the elderly, a systematic review. *BMC Geriatr* 2008; 8: 36.
155. Peters R, Peters J, Warner J et al. Alcohol, dementia and cognitive decline in the elderly, a systematic review. *Age Ageing* 2008; 37: 505-12.
156. Caamaño-Isorna F, Corral M, Montes-Martínez A, Takkouche B. Education and dementia: a meta-analytic study. *Neuroepidemiology* 2006; 26: 226-32.
157. Antó JM, Vermeire O, Vestbo J, Sunyer J. Epidemiology of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2001; 17: 982-94.
158. Gold DR, Wright R. Population disparities in asthma. *Ann Rev Public Health* 2005; 26: 89-113.
159. Pride NB, Soriano JB. Chronic obstructive pulmonary disease in the United Kingdom: trends in mortality, morbidity, and smoking. *Curr Opin Pulm Med* 2002; 8: 95-101.
160. Viegi G, Scognamiglio A, Baldacci S et al. Epidemiology of chronic obstructive pulmonary diseases (COPD). *Respiration* 2001; 68: 4-19.
161. Balmes J, Becklake M, Blanc P. Environmental and Occupational Health Assembly, American Thoracic Society. American Thoracic Society Statement: Occupational contribution to the burden of airway disease. *Am J Respir Crit Care* 2003; 167: 787-97.
162. Rushton L. Occupational causes of chronic obstructive pulmonary disease. *Rev Environ Health* 2007; 22: 195-212.
163. U.S. Department of Health & Human Services. The health consequences of smoking: a report of the Surgeon General, May 27, 2004. <http://www.surgeongeneral.gov/library/smokingconsequences/index.html> (ultima consultazione 16 luglio 2010).
164. U.S. Department of health and Human Services. The health consequences of involuntary exposure to tobacco smoke: a report of the Surgeon General. Atlanta, Centre of Disease Control and Prevention, Coordinating Centre for Health Promotion, National Centre for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health, 2006.
165. Karkaoulis K, Tsitsaras H, Patouchas D et al. The alcoholic lung disease: historical background and clinical features. *Medicina (Kaunas)* 2008; 44: 651-64.
166. World Health Organization. Air Quality Guidelines. Global update 2005. Particulate matter ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen, WHO 2006. http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf.
167. Ekong EB, Jaar BG, Weaver VM. Lead-related nephrotoxicity: a review of the epidemiologic evidence. *Kidney Int* 2006; 70: 2074-84.
168. Hodgson S, Nieuwenhuijsen MJ, Hansell A et al. Excess risk of kidney disease in a population living near industrial plants. *Occup Environ Med* 2004; 61: 717-19.
169. Hodgson S, Nieuwenhuijsen MJ, Elliot P, Järup L. Kidney disease mortality and environmental exposure to mercury. *Am J Epidemiol* 2007; 165:72-7.
170. Järup L. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull* 2003; 68: 167-82.
171. Satarug S, Moore MR. Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuff and cigarette smoke. *Environ Health Perspect* 2004; 112: 1099-103.
172. Staples B, Howse ML, Mason H, Bell GM. Land contamination and urinary abnormalities: cause for concern? *Occup Environ Med* 2003; 60: 463-67.
173. Blot WB, McLaughlin JK, Fraumeni JF. Esophageal Cancer. In: Schottenfeld D, Fraumeni JF Jr (eds). *Cancer Epidemiology and Prevention*. 3rd ed. New York, Oxford University Press 2006.
174. Hamilton S, Aaltonen L (eds). WHO classification of Tumors. Pathology and Genetics of Tumors of the Digestive System. Lyon, IARC press 2000.
175. IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 83. Tobacco smoke and involuntary Smoking. Lyon, IARC 2004.
176. IARC. World Cancer Report 2008. Boyle P, Levin B (eds). Lyon, IARC 2008.
177. Kuper H, Boffetta P, Adami HO. Tobacco use and cancer causation: association by tumor type. *J Intern Med* 2002; 252: 206-24.
178. Clapp RW, Jacobs MM, Loechler EL. Environmental and occupational causes of cancer: new evidence 2005-2007. *Rev Environ Health* 2008; 23: 1-37.
179. Fisher JL, Schwartzbaum JA, Wrensch M, Wiemels JL. Epidemiology of brain tumors. *Neurol Clin* 2007; 25: 867-90, viii.
180. Preston-Martin S, Munir R, Chakrabarti I. Nervous system. In: Schottenfeld D, Fraumeni JF Jr (eds). *Cancer Epidemiology and Prevention*. 3rd ed. New York, Oxford University Press 2006.
181. Faggiano F, Partanen T, Kogevinas M, Boffetta P. Socioeconomic differences in cancer incidence and mortality. *IARC Sci Publ* 1997; 138: 65-176.
182. Bondy ML, Scheurer ME, Malmer B et al. Brain tumor epidemiology: consensus from the Brain Tumor Epidemiology Consortium. *Cancer* 2008; 113; (7 Suppl): 1953-68.
183. Lewis R, Rempala G. A case-cohort study of angiosarcoma of the liver and brain cancer at a polymer production plant. *J Occup Environ Med* 2003; 45: 538-45.
184. Neuberger JS, Ward-Smith P, Morantz RA et al. Brain cancer in a residential area bordering on an oil refinery. *Neuroepidemiology* 2003; 22: 46-56.

185. Pope CA 3rd, Burnett RT, Thurston GD et al. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation* 2004; 109: 71-7.
186. U.S. Environmental Protection Agency. Review of the National Ambient Air Quality Standards for particulate matter: policy assessment of scientific and technical information. OAQPS Staff Paper 2005.
187. Aldoori MI, Rahman SH. Smoking and stroke: a causative role. Heavy smokers with hypertension benefit most from stopping. *BMJ* 1998; 317: 962-3.
188. Boden-Albala B, Sacco RL. Lifestyle factors and stroke risk: exercise, alcohol, diet, obesity, smoking, drug use, and stress. *Curr Atheroscler Rep* 2000; 2: 160-6.
189. Hecht SS, Samet JM. Cigarette smoking. In: Rom WN, Markowitz S (eds). *Environmental and occupational medicine*. 4th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins 2007.
190. Katanoda K, Marugame T, Saika K et al. Population attributable fraction of mortality associated with tobacco smoking in Japan: a pooled analysis of three large-scale cohort studies. *J Epidemiol* 2008; 18: 251-64.
191. Macintyre S, Ellaway A, Cummins S. Place effects on health: how can we conceptualise, operationalise and measure them? *Soc Sci Med* 2002; 55: 125-39.
192. Costa G, Marinacci C, Caiazzo A, Spadea T. Individual and contextual determinants of inequalities in health: the Italian case. *Int J Health Serv* 2003; 33: 635-67.
193. Cummins S, Macintyre S, Davidson S, Ellaway A. Measuring neighbourhood social and material context: generation and interpretation of ecological data from routine and non-routine sources. *Health Place* 2005; 11: 249-60.
194. Stafford M, Gimeno D, Marmot MG. Neighbourhood characteristics and trajectories of health functioning: a multilevel prospective analysis. *Eur J Public Health* 2008; 6: 604-10.
195. Jones HE, Ohlssen DJ, Spiegelhalter DJ. Use of false discovery rate when comparing multiple health care providers. *J Clin Epidemiol* 2008; 61(3): 232-40.