

“VALUTAZIONE DI IMPATTO SULLA SALUTE
SUI CANTIERI DELLA NUOVA LINEA FERROVIARIA TORINO-LIONE – SEZIONE INTERNAZIONALE –
SEZIONE TRANSFRONTALIERA – PARTE ITALIANA”

PROTOCOLLO OPERATIVO

(Stato di avanzamento a Settembre 2022)

Sommario

1. Fase di Scoping.....	3
I temi sanitari e socio-demografici.....	4
ANTE, CORSO E POST OPERAM.....	6
• <i>Lo stato di salute della popolazione: i dati di input.....</i>	<i>6</i>
• <i>Gli indicatori socio-economici e di contesto.....</i>	<i>10</i>
L’area geografica di interesse per la valutazione degli effetti sulla salute.....	10
• <i>Le fonti: i dati sanitari e socio-demografici disponibili.....</i>	<i>11</i>
Il coinvolgimento degli stakeholder.....	14
I fattori di rischio ambientali.....	15
Gli effetti benefici dell’opera.....	16
2. Fase di Assessment.....	19
Il risk assessment.....	19
La valutazione dell’esposizione.....	23
L’output dell’assessment.....	28
3. Fase di Reporting.....	29
4. Fase di Monitoring.....	30

Il presente documento costituisce il Progetto Esecutivo della **“VALUTAZIONE DI IMPATTO SULLA SALUTE SUI CANTIERI DELLA NUOVA LINEA FERROVIARIA TORINO-LIONE – SEZIONE INTERNAZIONALE – SEZIONE TRANSFRONTALIERA – PARTE ITALIANA”** relativamente alla fase di realizzazione dell’opera, ed è stato redatto, a partire dal contenuto della Relazione Metodologica del Piano di Monitoraggio Ambientale (Cap. 21, “Salute Pubblica”), tenendo conto delle risultanze della Valutazione di Impatto sulla Salute (di seguito anche “VIS”) del cunicolo esplorativo de La Maddalena ed in coerenza con le indicazioni contenute nelle *Linee guida per la valutazione di impatto sanitario (VIS)* (di seguito anche “Linee Guida VIS”) adottate con decreto ministeriale 27 marzo 2019 (pubblicato in G.U. Serie Generale n.126 del 31-05-2019). Inoltre, questa versione del documento recepisce le richieste di modifica ed integrazione pervenute a seguito dell’incontro del *Tavolo di Pilotaggio per la Valutazione di Impatto Sanitario – VIS (dei cantieri italiani) della Nuova Linea Torino Lione* del 21 giugno 2022.

Come noto, secondo l’Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) la Valutazione di Impatto Sanitario (VIS) è *“Una combinazione di procedure, metodi e strumenti attraverso cui una politica o programma o progetto può essere valutato/giudicato in merito agli effetti che produce sulla salute della popolazione e alla distribuzione di questi nella popolazione”* (*Gothenburg Consensus paper, European Centre for Health Policy WHO Regional Office for Europe, 1999*). La VIS ha quindi come obiettivo quello di integrare la considerazione degli effetti sulla salute nelle attività di valutazione degli impatti di un intervento.

Nelle *Linee guida VIS* sono identificate come segue le fasi del processo di VIS:

1. Screening: fase in cui si valuta *“se sia necessario effettuare una VIS”*;
2. Scoping: fase in cui si definisce quali temi chiave devono essere trattati, quali effetti sulla salute siano rilevanti, quanto essi siano estesi geograficamente, quale è la comunità interessata dagli impatti potenziali, chi sono gli stakeholder e quali sono le fonti di dati disponibili;
3. Assessment e appraisal: fase nella quale si devono quantificare *“gli effetti sanitari determinati dalla realizzazione del progetto”* attraverso *“una valutazione del rischio vera e propria”* relativa alla *“popolazione interessata dagli impatti, compresi i gruppi più vulnerabili”*, si devono identificare quali caratteristiche hanno i rischi sanitari, quali

alternative sono disponibili e quali sono le incertezze delle stime. In questa fase sarà anche *“necessario fare una valutazione del cambiamento dei diversi determinanti della qualità della vita in relazione all’inserimento dell’opera sul territorio”*;

4. Reporting: fase in cui, attraverso la redazione del rapporto di dettaglio delle attività condotte, vengono riepilogate le informazioni necessarie da fornire ai portatori di interesse (letteratura scientifica esaminata, modelli di esposizione, dati ambientali e sanitari utilizzati, procedure valutative adottate, incertezza delle stime, ...), l’esistenza di conflitti non risolti, eventuali proposte alternative, le raccomandazioni, le misure di mitigazione identificate per ogni impatto;
5. Monitoring: fase in cui viene definito il piano di monitoraggio sanitario per la verifica delle valutazioni condotte.

Considerato che si deve ritenere superata la fase di screening in quanto la VIS è ritenuta necessaria alla luce delle prescrizioni CIPE, di seguito vengono sinteticamente indicati gli elementi fondamentali che costituiranno le diverse fasi della VIS relativamente alla **“NUOVA LINEA FERROVIARIA TORINO-LIONE – SEZIONE INTERNAZIONALE – SEZIONE TRANSFRONTALIERA – PARTE ITALIANA”** (di seguito anche “NLTL”), con la precisazione che in generale gli elementi proposti si intendono riferiti a tutti i Comuni interessati dalle opere della NLTL, con eventuali dettagli che afferiscono in particolare al *Cantiere Operativo 04 – Cantieri nei Comuni di Chiomonte e Giaglione*, al *Cantiere Operativo 10 – Cantiere nel Sito di Salbertrand* ed al *Cantiere Operativo 10 – Cantiere nel Sito di Torrazza Piemonte*.

1. Fase di Scoping

Con la fase di scoping, come si è detto, si è provveduto alla definizione dei temi chiave che devono essere trattati, alla individuazione degli effetti sulla salute da sottoporre a valutazione, alla delimitazione della estensione geografica del territorio da indagare e della popolazione potenzialmente interessata dagli impatti sanitari, alla precisazione degli stakeholder da coinvolgere, nonché alla identificazione delle fonti di dati (sanitarie e socio-demografiche) disponibili.

I temi sanitari e socio-demografici

- Letteratura di riferimento

Nel caso della NLTL, le attività di Valutazione di Impatto sulla Salute condotte per il cunicolo esplorativo de La Maddalena, con le conoscenze ivi acquisite, hanno già permesso di identificare la letteratura scientifica rilevante non solo con riferimento ad analoghe opere di realizzazione di tunnel ovunque effettuate nel mondo (anche se per obiettivi differenti rispetto al progetto in valutazione) ma, soprattutto e specificamente, in relazione a tutte le tipologie di esposizione che possono essere connesse al presente progetto. Tale letteratura sarà messa a disposizione, con apposito documento, da parte dell’Università degli Studi di Torino.

Un esteso esame della letteratura scientifica disponibile relativa alla costruzione di tunnel ferroviari e/o stradali ha portato ad evidenziare i seguenti elementi principali.

- Di valore storico, e di grande rilevanza per lo sviluppo della medicina occupazionale, sono gli studi degli effetti sulla salute dei lavoratori nella costruzione di grandi tunnel ferroviari e stradali che hanno interessato la fine del 1800 e gli inizi del 1900 (si pensi alla galleria del Gottardo ed a quella del Sempione, ad esempio), con un interesse che si è concentrato esclusivamente sulle condizioni di lavoro e sulle malattie insorte nelle maestranze direttamente implicate nelle opere di costruzione, senza estendere la propria attenzione all’ambiente ed alle popolazioni esterne interessate dall’opera (si vedano, a titolo di esempio: Baldasseroni, 2013; Volante, 2006).
- Oltre agli studi più strettamente storici e datati, ampia si può considerare la letteratura relativa alla valutazione degli effetti sanitari nella costruzione di tunnel sia ferroviari che stradali ma, come è avvenuto per gli studi storici, anche la letteratura più recente si è limitata ad esaminare esclusivamente gli effetti sui lavoratori addetti alla costruzione delle gallerie. Sono stati valutati effetti sanitari che hanno interessato l’apparato respiratorio (Arcangeli, 2004; Bakke, 2004; Ellingsen, 2015; Nakagawa, 2000; Oliver, 2006; Ulvestad, 2000, 2001, 2015), l’apparato circolatorio (Basnet, 2010; Ellingsen, 2017), e persino il DNA (Villarini, 2008), ma anche gli eventi traumatici (Ariani, 2017; Pavone, 2007) ed alcuni effetti cutanei (Irvine, 1994). Non mancano in questo contesto lavori di tipo più

generale che non si caratterizzano per l’analisi di uno specifico apparato (Klepczynska Nystrom, 2010; Kulkarni, 2017; Tuchsén, 2005), e sono presenti infine contributi che mettono l’accento sui fattori di rischio che possono caratterizzare i lavoratori addetti alla costruzione dei tunnel (Bakke, 2002; Bakke, 2014).

- Numerosi sono poi i lavori che hanno valutato sia le variazioni ambientali della esposizione sia gli effetti sanitari nelle popolazioni residenti come conseguenza dell’interramento in galleria di tratti significativi della rete stradale (si vedano, ad esempio, i lavori di: Bubbico, 2009; Capon, 2008; Cowie, 2012; Haynes, 2007; Kuykendal, 2009; Orru, 2015; Van Brusselen, 2016; Zhou, 2014).
- Per quanto riguarda invece le gallerie ferroviarie, sono da segnalare il lavoro di Vogiatzis (2018) sul rumore e quello di Seaton (2005) sulle polveri, entrambi dedicati al tema delle gallerie per la metropolitana (rispettivamente ad Atene e a Londra).
- Non manca, infine, e lo diciamo per via dello specifico riferimento che il tema ha avuto con la costruzione della galleria di cui si occupa il presente protocollo, un lavoro sulla amplificazione sociale dei rischi in un tempo (come quello che stiamo vivendo) caratterizzato dalla presenza di internet (Chung, 2011).

Non è stata trovata invece rappresentazione in letteratura del tema degli effetti sanitari sulle popolazioni residenti e delle variazioni ambientali di esposizione (se si escludono i citati lavori relativi alle metropolitane di Atene e di Londra) nel caso della costruzione (relativamente recente) di tunnel ferroviari (ed in particolare di gallerie di ragguardevole dimensione). Mentre sono presenti valutazioni di impatto (sia in termini di modificazione della esposizione che di variazioni della salute) di grandi opere quali strade, aeroporti, discariche, inceneritori, centrali termoelettriche, impianti industriali, etc, analoghe valutazioni di impatto non si riscontrano in letteratura quando a tema si mette la costruzione di grandi tunnel ferroviari come nel caso qui presentato.

Della stessa letteratura, integrata con altra eventualmente apparsa successivamente, si dovrà rendere conto nella prima relazione periodica che sarà prodotta.

In aggiunta alla letteratura di merito appena accennata, seguendo i suggerimenti delle *Linee Guida VIS* sono state prese in esame le indicazioni contenute nel progetto SENTIERI (*Pirastu R, Ancona C, Iavarone I, Mitis F, Zona A, Comba P (a cura di): SENTIERI - Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento: valutazione della evidenza epidemiologica. Epidemiol Prev 2010; 34(5-6) Supplemento 3: 1-96*) nonché le integrazioni e precisazioni che l'Istituto Superiore di Sanità ha fornito di volta in volta nel corso delle risposte alle proposte di VIS nazionali redatte da diversi proponenti e disponibili nell'apposito sito del Ministero della Transizione Ecologica (<https://va.minambiente.it/it-IT>).

ANTE, CORSO E POST OPERAM

- ***Lo stato di salute della popolazione: i dati di input***

Anche alla luce dei fattori di rischio individuati nel quadro dello Studio di Impatto ambientale, essendo il progetto stato sottoposto a procedura VIA con esito positivo, e monitorati nel Piano di Monitoraggio Ambientale in corso sotto il controllo di ARPA Piemonte, sono selezionati come effetti sanitari principali la mortalità ed i ricoveri. Di tali effetti sono note sia le fonti disponibili che la relativa attendibilità e interpretabilità. In considerazione della piccola numerosità (in termini di popolazione residente) della maggioranza dei comuni che saranno considerati nella valutazione, e con l'obiettivo di temperare per quanto possibile la variabilità nel tempo degli indicatori sanitari che saranno calcolati, si rende necessario valutare i dati di mortalità e ricovero utilizzando una finestra temporale piuttosto ampia che indichiamo (compatibilmente con i dati al momento disponibili) nel periodo 2000-2022, con prosecuzione negli anni successivi col procedere dei diversi cantieri.

Entrando più in dettaglio sui temi sanitari si riportano, per mortalità e ricoveri, le patologie da considerare, con l'indicazione corrispondente del codice ICD (International Classification of Diseases, revisione 10; International Classification of Diseases Clinical Modification, revisione 9) che identifica le singole patologie.

E' bene segnalare, come anche richiesto da diversi stakeholder (ad esempio: i medici di medicina generale di alcuni comuni della Val di Susa) durante le attività di valutazione relative al cunicolo de La Maddalena, che alla VIS (oltre agli obiettivi specifici per cui è

disegnata con riferimento alle esposizioni riconducibili alla costruzione ed esercizio del tunnel ferroviario) può essere associata una cartografia più estesa, complementare alla VIS, in grado di offrire più in generale l’opportunità di predisporre quello che si definisce un “profilo di salute” del territorio interessato, prendendo quindi in esame anche qualche patologia non necessariamente connessa all’opera in costruzione: la tabella che segue considera anche questa opportunità.

Elenco delle patologie da considerare nella valutazione dello stato di salute

Patologia	Codice ICD 10	Codice ICD9CM
Totale	A00-T98	001-999
Totale senza traumatismi	A00-R99	001-799
Tumori Totali	C00-D48	140-239
Tumori Stomaco	C16	151
Tumori Colon-Retto	C18-C21	153-154
Tumori Trachea, Bronchi, Polmoni	C33-C34	162
Tumori della Pleura	C38	163
Tumori della Prostata	C61	185
Tumori del Sistema Nervoso Centrale	C72	192
Tumori Sistema Linfemopoietico	C81-C96	200-208
Leucemie	C91-C95	204-208
Diabete Mellito	E10-E14	250
Mal. Sistema Circolatorio	I00-I99	390-459
Malattie ischemiche del cuore	I20-I25	410-414
Infarto miocardico acuto	I21-I24	410
Malattie cerebrovascolari	I60-I69	430-438
Mal. Apparato Respiratorio	J00-J99	460-519
Mal. Respiratorie Acute	J00-J06, J10-J18, J20-J22	460-466; 480-487
Mal. Respiratorie Croniche	J41-J44; J47	490-492; 494; 496
Asma	J45-J46	493
Mal. Apparato Digerente	K00-K92	520-579
Mal. Apparato Urinario	N00-N39	580-599
Malformazioni	Q00-Q99	740-759

Con riferimento alle patologie indicate, l’analisi della mortalità dovrà procedere nel modo che segue:

- ✓ Raggruppamento dei dati di popolazione e dei dati sanitari per classi di età quinquennali (0-4, 5-9, 10-14, ..., 75-79, 80-84, 85+), separatamente per sesso, per comune, per anno;
- ✓ Raggruppamento dei dati di popolazione e dei dati sanitari per classi di età quinquennali (0-4, 5-9, 10-14, ..., 75-79, 80-84, 85+), separatamente per sesso, per la provincia di Torino, e per l'intera Regione Piemonte, per anno;
- ✓ Calcolo del tasso per singola patologia, per sesso, per classi di età, per singolo anno, per la Provincia di Torino e per la Regione Piemonte;
- ✓ Calcolo degli eventi attesi (in base alle tendenze rilevate) per singola patologia, per sesso, per classi di età, per singolo anno, per ciascun comune, moltiplicando il tasso della provincia di Torino, e poi quello della Regione Piemonte, per la popolazione residente (per sesso, classi di età, singolo anno) di ciascun comune;
- ✓ Calcolo degli eventi osservati e degli eventi attesi (a partire una volta dai dati della provincia di Torino ed una seconda volta dai dati della Regione Piemonte) per singola patologia e per sesso, per ciascun comune accumulando i dati per tutte le età e per periodi successivi di 4 anni ciascuno. Questo calcolo equivale al procedimento che nelle linee guida viene indicato con il termine di standardizzazione indiretta, dove i fattori di standardizzazione sono l'età ed i singoli anni di calendario, ed il riferimento è costituito dai tassi della Regione Piemonte e della Provincia di Torino;
- ✓ Calcolo del rapporto tra gli eventi osservati e gli eventi attesi (SMR: Standardized Mortality Ratio, Rapporto standardizzato di mortalità), moltiplicato per 100, per singola patologia e per sesso, per ciascun comune, e per ciascuno dei periodi considerati;
- ✓ Calcolo dei limiti di confidenza al 95% (IC95%_Inf, IC95%_Sup) attraverso la applicazione della formula di Byar (o equivalente).

Per quanto riguarda i ricoveri, l'analisi da condurre è la stessa appena indicata ma dovrà essere preceduta da una fase di preparazione dei dati per tenere conto del fatto che mentre l'evento di decesso è univoco per ogni singolo individuo, l'evento di ricovero (che può essere di diverso tipo: day hospital, ordinario, riabilitativo, ...) può essere ripetuto molte volte per lo stesso soggetto, e può dare luogo a rilevanti

eterogeneità territoriali in funzione dell’organizzazione del Servizio Sanitario locale e delle modalità di accesso ai servizi. Per limitare per quanto possibile l’eventuale effetto distorsivo associato alla ricoverabilità ripetuta è necessario che l’analisi dei ricoveri venga condotta sui soli ricoveri ordinari, esaminando la sola diagnosi principale alla dimissione, ed isolando nell’intero periodo allo studio esclusivamente il primo episodio di ricovero per una determinata patologia. In questo modo il soggetto costituisce una sola unità statistica in tutto il periodo per ogni singola differente patologia cui può essere stata interessata la sua esperienza di ospedalizzazione. Con la descritta modalità di analisi, nel caso della presenza di diverse patologie nello stesso individuo lo stesso soggetto sarà presente più volte come unità statistica nell’intero dataset ma una sola volta in ognuna delle diverse patologie.

Inoltre, a partire dal calcolo del tasso (di mortalità, ricoveri, ...) per singola patologia, per sesso, per classi di età, per singolo anno/periodo, per ciascun comune e per la Provincia di Torino e per la Regione Piemonte, si dovrà provvedere anche al calcolo del tasso standardizzato direttamente per età (nonché al suo intervallo di confidenza al 95%) prendendo come riferimento la popolazione dell’intera Regione Piemonte. Successivamente, per singola patologia, per sesso, per singolo anno, i tassi standardizzati direttamente di ciascun comune dovranno essere messi a rapporto prima con gli analoghi tassi per la Provincia di Torino e poi con quelli della Regione Piemonte; infine, anche i tassi per la Provincia di Torino saranno messi a rapporto con gli analoghi tassi della Regione Piemonte. Il rapporto tra questi tassi prende il nome di Rischio Relativo (RR).

- ***Gli indicatori socio-economici e di contesto***

In accordo con le indicazioni contenute nella Relazione Metodologica del Piano di Monitoraggio Ambientale al capitolo 20 (“Ambiente sociale”), saranno presi in conto i risultati dei determinanti non sanitari che possono essere influenzati, in termini positivi ovvero negativi, dalle opere in realizzazione (aspetti socio-demografici: età della popolazione, indicatori demografici, scolarità, livello occupazionale, caratteristiche economiche del territorio, ...), risultati che saranno resi disponibili nel quadro del monitoraggio della componente sociale.

Si precisa che questa componente è stata oggetto di progettazione specifica, approvazione da parte degli Enti competenti e di test con esito di significatività positivo. Tuttavia le logiche di monitoraggio di questa componente, non possono essere totalmente assimilate a quelle della VIS (ad esempio il perimetro di riferimento) dal momento che le logiche sociali ed economiche travalicano le logiche dei fattori di pressione ambientale del cantiere.

Per classificare dal punto di vista socioeconomico i soggetti allo studio è inoltre di interesse l'indice di deprivazione calcolato sui dati del censimento della popolazione. Tale indice è ad oggi disponibile con disaggregazione fino alla sezione di censimento e relativo all'anno 2011 (Rosano, 2020).

L'area geografica di interesse per la valutazione degli effetti sulla salute

Con riferimento alla scelta dei comuni da considerare nella valutazione degli effetti sulla salute, questa deve permettere di fornire gli elementi idonei a valutare l'impatto prodotto dai cantieri attraverso le emissioni/scarichi nelle matrici ambientali. Tale valutazione è stata effettuata nello Studio di Impatto ambientale, attraverso l'analisi dei fattori di pressione e di dispersione degli inquinanti e declinata nel Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) approvato dall'Amministrazione competente e in corso di continuo controllo di adeguatezza da parte di ARPA Piemonte. Nello specifico, i comuni che sono stati coinvolti nelle procedure di approvazione dei progetti definiti PD2 e PRV sono: Bruzolo, Bussoleno, Buttigliera Alta, Caprie, Chiomonte, Chiusa San Michele, Condove, Giaglione, Mattie, Meana di Susa, Mompantero, Salbertrand, San Didero, Susa, Torrazza Piemonte e Venaus.

Tali Comuni sono quelli che sono stati individuati, all'esito della progettazione e nell'ambito della conferenza dei servizi, come quelli interessati dagli effetti dell'opera. L'estensione del perimetro del PMA viene pertanto presa a riferimento per la presente valutazione.

L'appendice alla VIS: il “profilo di salute”

Detto quindi che il territorio coperto dal PMA è oggetto specifico della valutazione di impatto sanitario, è stato precedentemente ricordato come sull'esperienza della

Maddalena e in accoglimento delle proposte del Tavolo, è utile cogliere più in generale l’opportunità di predisporre un “profilo di salute” (non una valutazione di impatto) di tutto il territorio della Valle di Susa: a questo scopo sarà effettuato anche il calcolo degli indicatori sanitari ai comuni della Valle di Susa esterni al perimetro di influenza dell’opera e quindi del PMA. Questo dato potrà costituire una ulteriore informazione di contesto il cui report sarà trasmesso al Tavolo.

- ***Le fonti: i dati sanitari e socio-demografici disponibili***

Le informazioni sanitarie e non sanitarie necessarie per condurre una VIS completa sono diverse, e differenti sono quindi le banche dati alle quali si deve attingere, banche dati che a volte sono pubblicamente e correntemente accessibili (esempio: dati ISTAT sulla distribuzione per età, sesso, periodo di calendario, e singolo comune, della popolazione residente), altre volte sono pubblicamente accessibili ma solo per anni di calendario definiti (esempio: dati socio-demografici riferiti al censimento), altre volte ancora non sono pubblicamente accessibili e pertanto le informazioni di interesse devono essere richieste agli Enti che ne sono depositari. E’ il caso, in particolare, di tutte le informazioni sanitarie (mortalità, ricoveri, consumi farmaceutici, ...) che sono soggette ad importanti vincoli sulla riservatezza delle informazioni: per esse, come ha dimostrato l’esperienza relativa al cunicolo esplorativo de La Maddalena, ci si deve rapportare con gli Enti che ne sono titolari.

Considerato che si dovrà costruire una descrizione dello stato di salute *ante operam* della popolazione residente nel territorio, e prevedendo che i diversi cantieri saranno operativi a partire da momenti temporali differenti (e termineranno anche in istanti di tempo diversi), è stato indicato il periodo 2000-2022 come finestra temporale di interesse , suggerendo inoltre di suddividere l’intera finestra di osservazione in quadrienni (lo schema temporale sarà ripetuto per gli anni a partire dal 2023 quando cantieri saranno contemporaneamente attivi, durante il cosiddetto corso d’opera, fino a superare il termine dell’opera per poter valutare il *post-operam*). Per tutti gli anni indicati è necessario acquisire le informazioni dalle banche dati pubblicamente disponibili ovvero provvedere a richiedere le informazioni agli Enti competenti.

Le attività di VIS già condotte per il cunicolo esplorativo de La Maddalena suggeriscono di porre particolare attenzione al tema dello stato della salute *ante-operam*, perché è proprio rispetto a tale situazione che sarà valutato l’impatto dell’opera stessa. In proposito, le attività a suo tempo condotte (per quanto specificamente riferite ad un territorio che si sovrappone solo parzialmente al nuovo progetto) permettono di concludere che i dati sanitari di mortalità e ricovero relativi a tutto il territorio piemontese (e pertanto anche per l’area che sarà in generale interessata dal progetto NLTL) sono disponibili (presso gli Enti competenti) con un dettaglio comunale (e, ovviamente, anche provinciale e regionale) da lungo tempo, permettendo così di ricostruire con relativa facilità metodologica la situazione sanitaria al *baseline* tenendo conto delle indicazioni contenute nella prescrizione n. 155 della Delibera CIPE 19/2015 (indicatori di rischio assoluto: tassi standardizzati per età e genere; indicatori di rischio relativo: rapporti standardizzati di mortalità-morbosità, rapporti tra tassi, ...). La sequenza dei dati sanitari dovrà poi essere monitorata nel tempo (durante e *post operam*) al fine di valutare l’impatto reale dell’opera sulla salute (si veda la successiva fase di monitoraggio).

Per quanto riguarda i dati sanitari da considerare come elemento geografico di riferimento per il paragone con i dati comunali le *Linee Guida VIS* richiedono l’utilizzo della popolazione regionale (e dei relativi indicatori sanitari): a tale richiesta si darà ovviamente seguito nelle modalità indicate in precedenza, ma alla luce dei risultati emergenti dalle attività di VIS già condotte per il cunicolo esplorativo de La Maddalena sarà necessario integrare tali dati di riferimento con gli analoghi relativi alla provincia di Torino. La necessità di fare ricorso, in particolare, sia ai dati provinciali che a quelli regionali indica che non sarà sufficiente una interlocuzione con la ASL territorialmente competente per avere le informazioni sanitarie di merito ma occorrerà rapportarsi con gli Enti che sono titolari proprio di tali dati.

Sempre in relazione agli effetti sulla salute, durante la valutazione condotta per il cunicolo de La Maddalena non erano risultate disponibili alcune informazioni sanitarie di potenziale interesse: è il caso dei farmaci per valutare (ad esempio) l’effetto del rumore, delle prestazioni ambulatoriali (la cui erogazione in alcuni casi è la spia della presenza di specifiche patologie o condizioni), o di alcuni esiti della gravidanza (aborti, malformazioni, basso peso alla nascita, ...) che sono spesso fonte di preoccupazione

per le popolazioni interessate da potenziali fenomeni di inquinamento ambientale. In aggiunta, tra le informazioni non risultate disponibili nel caso del cunicolo de La Maddalena (anche se ad esse si è in parte sopperito attraverso l’analisi della mortalità e dei ricoveri oncologici) sono da considerare anche quelle prodotte dai registri tumori di popolazione.

Nelle attività attualmente in corso per il progetto NLTL si sta verificando di nuovo l’eventuale disponibilità di tutte queste informazioni nonché (se ne ricorrono le condizioni) il loro utilizzo per una descrizione più completa dello stato di salute delle popolazioni interessate dall’opera. Qualora ne emergesse la possibilità di uso si provvederà ad integrare questo protocollo operativo.

Come noto, i sistemi informativi sanitari sono in continua evoluzione nel tempo, e proprio alcune delle informazioni che non erano disponibili al momento della conduzione della VIS relativa al cunicolo de La Maddalena sono state oggetto di particolare attenzione sia da parte degli organismi nazionali (Ministero della Salute e dell’Economia) che regionali (Regione Piemonte). E’ in corso pertanto con gli organismi competenti il riesame complessivo del problema della disponibilità dei dati necessari per la VIS, affinché possa essere messo a disposizione del progetto il set più completo (oltre che aggiornato) delle informazioni sanitarie e non sanitarie disponibili e utili alla conduzione della valutazione prevista.

Oltre alle fonti di dati già esplorate durante la conduzione delle attività di valutazione sanitaria relative al cunicolo de La Maddalena (mortalità, ricoveri, consumi farmaceutici, prestazioni ambulatoriali), è stato suggerito l’utilizzo di altre basi di dati che possono fornire informazioni, ad esempio, sulla incidentalità stradale e su alcuni aspetti della qualità della vita, oppure di specificare la valutazione sanitaria indirizzandola verso il monitoraggio della salute di gruppi di popolazione più suscettibili all’esposizione ad inquinanti aero-dispersi (come i malati respiratori cronici) o, in generale, più fragili (anziani, bambini, ...). E’ il caso, ad esempio, dei dati di incidentalità stradale di fonte Istat che sono disponibili tramite l’ufficio statistico della Regione con adeguate serie temporali; è il caso della possibilità di costruzione di indicatori indiretti di “stress cronico” (attraverso eventi come i suicidi e tentativi di suicidio rilevabili con dati di ricovero e di pronto soccorso, oppure facendo ricorso al consumo di

determinate tipologie di farmaci ansiolitici, o ancora valutando l’uso/abuso di sostanze e di alcool rilevabili dal sistema informativo dei Dipartimenti delle Dipendenze).

Tutti questi aspetti meritano un approfondimento, sia per identificare la reale utilizzabilità tecnica delle banche dati oggi esistenti sia per stabilirne l’utilità ai fini delle valutazioni di impatto sui comuni del PMA e della costruzione di profili di salute di tutti i comuni della Valle. Specifiche attività di studio saranno presentate successivamente con protocolli ad hoc.

Il coinvolgimento degli stakeholder

Il tema del coinvolgimento degli stakeholder è stato risolto con gli atti amministrativi prodotti da Regione Piemonte che hanno portato all’istituzione di un gruppo di lavoro denominato Tavolo di Pilotaggio VIS Torino-Lione.

I fattori di rischio ambientali

Più complessa dal punto di vista metodologico si presenta invece, ai fini della conduzione della VIS, la valutazione della esposizione ai diversi fattori di rischio ambientali, in particolare per tenere conto della loro scansione temporale nelle diverse fasi dell’opera. Sulla base soprattutto dell’esperienza relativa al cunicolo de La Maddalena sono stati individuati i fattori fisici e chimici (monitorati nel PMA: radiazioni, rumore, polveri, sostanze chimiche, ecc.) che vengono potenzialmente prodotti dall’opera ed immessi nelle matrici ambientali (si vedano i documenti relativi alla progettazione esecutiva del Piano di Monitoraggio Ambientale per i singoli cantieri); inoltre, tenendo conto soprattutto delle criticità tecniche ed operative emerse durante le valutazioni effettuate per il cunicolo de La Maddalena, si ritiene che l’organizzazione sintetica dei dati (sui fattori di rischio ambientali) più utile ed efficiente al fine di esaminare la loro relazione con gli indicatori sanitari sia la seguente.

Considerato che i dati sanitari possiedono un livello di disaggregazione territoriale che non supera il livello comunale ed una disaggregazione temporale che non è inferiore all’anno di calendario, e tenendo conto altresì che l’analisi dei dati sanitari prevede anche l’accorpamento delle informazioni in periodi quadriennali, per la valutazione della relazione tra dati ambientali e indicatori sanitari occorrerà predisporre due set di dati sintetici:

- ✓ Il primo avendo come unità statistica il singolo anno di calendario: per ogni anno, per ogni singolo comune, per ogni fattore di rischio, si calcoleranno alcuni indicatori statistici (minimo, 5° centile, media aritmetica, mediana, 95° centile, massimo, varianza), eventualmente (qualora la distribuzione statistica dei dati lo rendesse necessario) anche a seguito di una trasformazione normalizzante (o simmetrizzante)
- ✓ Il secondo avendo come unità statistica il singolo periodo di calendario: per ogni periodo, per ogni singolo comune, per ogni fattore di rischio, si calcoleranno alcuni indicatori statistici (minimo, 5° centile, media aritmetica, mediana, 95° centile, massimo, varianza), eventualmente (qualora la distribuzione statistica dei dati lo rendesse necessario) anche a seguito di una trasformazione normalizzante (o simmetrizzante).

Le indicazioni per l'utilizzo delle informazioni emergenti dal Piano di Monitoraggio Ambientale nella successiva fase di assessment saranno fornite nel seguito.

Gli effetti benefici dell'opera

A completamento della fase di scoping una specifica parte dell'attività dovrà essere dedicata alla stima degli effetti benefici dell'opera in particolare per quanto riguarda gli aspetti di esposizione e di salute, con specifico riferimento alla potenziale diminuzione di alcuni fattori di pressione. Come atteso, il progetto NLTL, una volta realizzata l'Opera, dovrebbe portare (ad esempio) ad una significativa modifica della maniera di trasportare materiale e persone nel tratto interessato dalla stessa, con il passaggio di una parte delle attività dal trasporto su gomma al trasporto su rotaia: durante la fase di scoping, ed in stretta relazione con le indicazioni contenute nella Relazione Metodologica del Piano di Monitoraggio Ambientale al capitolo 20 (“Ambiente sociale”), si dovranno identificare (e qualificare) gli elementi che caratterizzano tale modifica, ed in particolare quelli che possono portare ad un progressivo miglioramento della situazione/pressione ambientale e di quella sanitaria. Per tale attività saranno indispensabili le risultanze emergenti relativamente all'ambiente sociale.

Tutto quanto fin qui detto, che si è riferito in particolare (anche se non esclusivamente) alla valutazione *ante operam*, dovrà essere ripetuto (con le eventuali specificazioni che saranno fornite di volta in volta) per tutte le attività del progetto NLTL, e quindi nelle attività in corso d’opera (vari cantieri) e di esercizio (*post operam*). La raccolta (ed elaborazione) delle informazioni sanitarie e dei loro determinanti, nonché delle informazioni sui fattori di pressione ambientale, dovrà pertanto continuare durante tutte le fasi dell’opera (compreso l’eventuale aggiornamento della letteratura scientifica disponibile). In tale percorso meritano particolare attenzione le attività di cantiere, soprattutto nei loro primi atti realizzativi in merito ai fattori di pressione ambientale, in quanto si tratta di momenti piuttosto peculiari che possono dare luogo a situazioni di esposizione specifica (si veda, a titolo di esempio, il momento di predisposizione del cantiere) che non si riscontrano poi (o danno luogo a condizioni di pressioni ambientali diverse) nel procedere delle attività di realizzazione.

Si precisa che il PMA dell’opera è impostato per essere in grado di registrare gli effetti ed adattarsi secondo le diverse fasi, a partire dalla fase di installazione del cantiere (attività che costituisce l’avvio del corso d’opera).

I risultati emergenti dalla VIS relativa al cunicolo de La Maddalena sono già disponibili, per i comuni allora indagati, e saranno messi a disposizione dell’esecutore della VIS e del Tavolo di pilotaggio per la valutazione *ante operam* della parte di NLTL che si sovrappone al territorio già esaminato in precedenza.

Per quanto riguarda gli output che il realizzatore della VIS dovrà produrre con la relativa tempistica, si dovrà innanzitutto dare conto in dettaglio dei fattori di rischio considerati (e della loro valutazione *ante operam*); degli indicatori di salute utilizzati e dei metodi di analisi statistica ed epidemiologica adottati, con una descrizione di dettaglio delle informazioni sanitarie che risulteranno effettivamente disponibili per la valutazione; dei risultati in termini da una parte di profilo di salute *ante operam* (e poi corso d’opera ed esercizio) relativo ai diversi domini territoriali di interesse e dall’altra di relazione tra i fattori di rischio e gli indicatori sanitari.

A solo titolo di esempio si riportano due delle tabelle sullo stato di salute predisposte per il cunicolo de La Maddalena: esse indicano le informazioni minime da rendere disponibili, in un formato grafico che può essere anche diverso da quello qui presentato.

**“VALUTAZIONE DI IMPATTO SULLA SALUTE SUI CANTIERI DELLA NUOVA LINEA FERROVIARIA TORINO-LIONE – SEZIONE INTERNAZIONALE – SEZIONE TRANSFRONTALIERA – PARTE ITALIANA”
PROTOCOLLO OPERATIVO**

Morti, tassi standardizzati di mortalità per età x 100.000 abitanti e Rapporti tra tassi (RR, riferimento Provincia Torino)
Fonte: elaborazione DoRS su Schede di morte Istat

2013-2014, Uomini

Area territoriale	Cause																				
	Tutti i tumori			Tumori del retroperitoneo e del peritoneo			Tumori trachea, bronchi e polmoni			Tumori della pleura			Tumori del sistema nervoso centrale			Tumori linfomatoepoietici			Tumori della prostata		
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.
Chiomonte	5	0,96		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		2,57		2,07
Giaglione		0,21		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00	
Gravere	6	1,77		0	0,00			0,81		0	0,00		0	0,00					4,94		0,00
Susa	26	1,06		0	0,00		6	0,88		0	0,00			1,23		0	0,00				0,54
Bussoleno	29	1,18		0	0,00		8	1,18		0	0,00			0,00			0,69				1,17
Caprie	9	1,12		0	0,00		3	1,71		0	0,00			0,00			1,71				3,50
Chianocco	4	0,61		0	0,00			0,65		0	0,00			0,00		0	0,00				4,31
Chiusa S.Michele	7	1,36		0	0,00			0,78		0	0,00			0,00			3,15				0,00
Condove	12	0,66		0	0,00			0,46		0	0,00			0,00		0	0,00				0,00
Mattie	4	1,64		0	0,00			1,72		0	0,00			0,00		0	0,00				0,00
Meana di Susa	4	1,52		0	0,00			1,55		0	0,00			0,00		0	0,00				4,35
Mompalano	3	0,68		0	0,00			0,88		0	0,00			0,00		0	0,00				3,76
S.Giorio	3	0,85		0	0,00			0,78		0	0,00			0,00		0	0,00				5,17
Venaus	3	0,86		0	0,00		0	0,00		0	0,00			0,00		0	0,00				0,00
		T.Stdz.			T.Stdz.			T.Stdz.			T.Stdz.			T.Stdz.			T.Stdz.				T.Stdz.
Provincia di Torino	8140	199,8		14	0,4		2096	51,6		99	2,4		200	6		618	15		572	12,1	
Piemonte	16300	203,6		21	0,3		4067	51		227	2,9		375	5,9		1236	15,1		1139	12,2	

Primi ricoveri, tassi standardizzati di primo ricovero per età x 100.000 abitanti e Rapporti tra tassi (RR, riferimento Provincia Torino)
Periodo 2013-2016. Fonte: elaborazione DoRS su dati SDO, Schede di Dimissione Ospedaliera, Regione Piemonte

Donne

Area territoriale	Cause														
	Diabete			Neuro psichiatriche			Malattia ipertensiva			Malattie ischemiche del cuore			Malattia cerebrovascolari		
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.
Chiomonte	0	0,00			0,37		3	2,35			0,08		10	0,96	
Giaglione	0	0,00		0	0,00			1,56			0,46			0,48	
Gravere		16,92			0,40			7,50			0,42			0,69	
Susa		0,19		30	1,27		13	1,71		39	1,07		36	0,74	
Bussoleno		0,39		18	0,62		12	1,96		21	0,71		43	1,07	
Caprie	4	2,98		7	0,94		0	0,00		6	0,68		5	0,47	
Chianocco		3,22		5	0,64			1,89			0,25		9	1,52	
Chiusa S.Michele	0	0,00		7	1,07			0,37		11	1,63		7	1,12	
Condove	0	0,00		12	0,91		3	0,55		22	1,25		25	1,02	
Mattie		0,91			0,49			2,59		4	1,21		9	1,65	
Meana di Susa	0	0,00			0,53		0	0,00		4	0,53		5	0,48	
Mompalano		0,78			1,04		0	0,00			0,35			0,24	
S.Giorio	3	6,82		4	0,84			0,51		3	0,33		3	0,40	
Venaus	3	2,68			0,50			1,52			0,20		5	0,77	
		T.Stdz.			T.Stdz.			T.Stdz.			T.Stdz.			T.Stdz.	
Provincia di Torino	1038	18		9417	166,7		2152	18,3		10318	104		13772	117	
Piemonte	2697	21,1		17526	167,9		3932	16,7		19082	97,5		27112	117,2	

Per facilitare la lettura dei risultati potranno, sempre a titolo di esempio, essere evidenziate con diverso colore le situazioni che differiscono in maniera statisticamente significativa dal valore di riferimento (rosso: valore in eccesso, verde: valore in difetto), ma anche i valori che possono avere un certo interesse al di là del loro significato statistico (nelle tabelle esemplificate si è scelto di evidenziare i valori di RR superiori a 2). Inoltre, considerato che molti dei comuni allo studio sono di piccola dimensione dal punto di vista della popolazione residente e singolarmente considerati

possono non dare totalmente conto del significato dei risultati emergenti, è opportuno presentare anche dei totali, per l'insieme dei comuni del PMA.

2. Fase di Assessment

La fase di scoping sarà seguita da una fase di assessment, nella quale si dovranno quantificare *“gli effetti sanitari determinati dalla realizzazione del progetto”* attraverso *“una valutazione del rischio vera e propria”* relativa alla *“popolazione interessata dagli impatti, compresi i gruppi più vulnerabili”*, dando anche conto di quali sono le incertezze delle stime. L'analisi degli impatti dovrà considerare gli effetti singoli e cumulativi, a breve, medio e lungo termine, permanenti e temporanei, positivi e negativi. In questa fase sarà anche *“necessario fare una valutazione del cambiamento dei diversi determinanti della qualità della vita in relazione all'inserimento dell'opera sul territorio”*.

Il risk assessment

La valutazione quantitativa degli impatti seguirà le quattro tipiche fasi del *risk assessment* sia nell'approccio definito *“tossicologico”* (nel quale la valutazione si basa su coefficienti di rischio estrapolati prevalentemente da sperimentazioni *in vivo* e *in vitro*, e in cui si procede ad una stima del rischio cancerogeno e non cancerogeno) sia nell'approccio definito *“epidemiologico”* (nel quale si perviene al calcolo del rischio attribuibile, e dei casi attesi, sulla base di funzioni di rischio di tipo epidemiologico - Rischi Relativi - estrapolate da studi sull'uomo):

1. *hazard identification*: identificazione del pericolo;
2. *dose-response analysis*: determinazione della risposta alla dose;
3. *exposure assessment*: valutazione dell'esposizione;
4. *risk characterisation*: caratterizzazione del rischio.

Durante la fase di assessment si eseguirà una valutazione qualitativa e quantitativa degli impatti e si redigerà un report contenente la classificazione degli impatti e la caratterizzazione del rischio (definizione delle sorgenti, livelli di esposizione, relazioni esposizione-esito, rischio atteso nella popolazione, ...).

Per quanto riguarda la sezione denominata “identificazione del pericolo” si farà riferimento alle risultanze che emergeranno dalla precedente fase di scoping.

A titolo di esempio, la tabella che segue riporta, per ognuno dei pericoli considerati nel caso del cunicolo de La Maddalena, le tipologie di eventi avversi che la letteratura aveva segnalato:

Sostanza	Effetti Cancerogeni *	Effetti non cancerogeni	Effetti Tossici *
Arsenico	UR		RfC
Benzene	UR		RfC
Cadmio	UR		RfC
Cobalto	UR		RfC
Cromo esavalente	UR + genotossici		RfC
Mercurio			RfC
Nichel	UR + genotossici		RfC
Piombo	UR		RfC
Rame			RfC
Selenio			RfC
Zinco			RfC
Berillio	UR		RfC
Benzo[a]pirene	UR		RfC
PM ₁₀	---	Mortalità naturale, Mortalità sistema cardiocircolatorio, Mortalità apparato respiratorio, Ricoveri sistema cardiocircolatorio, Ricoveri apparato respiratorio	
PM _{2,5}	Tumore Polmone	Mortalità naturale, Ricoveri sistema cardiocircolatorio, Ricoveri apparato respiratorio	
NO ₂	---	Mortalità naturale, Ricoveri apparato respiratorio	

* Vedi oltre per il significato delle sigle UR e RfC

L’analisi della letteratura scientifica più recente dovrà confermare ovvero aggiornare le tipologie di eventi avversi che la letteratura aveva segnalato nel momento in cui è stata condotta la valutazione del cunicolo esplorativo de La Maddalena.

Per quanto riguarda la sezione denominata “determinazione della risposta alla dose”, sono già state esaminate la letteratura di merito e le banche dati di riferimento riferite ai fattori di pressione esaminati nella VIS per il cunicolo de La Maddalena: si tratta ora di considerare la eventuale letteratura resa disponibile successivamente alla VIS già condotta e di aggiornare (qualora necessario) i risultati ricavati dalle banche dati di riferimento.

E' noto che per gli effetti tossici e per quelli cancerogeni legati a specifiche sostanze (approccio tossicologico) sono disponibili nelle banche dati internazionali scientificamente riconosciute (esempio: EPA, Environmental Protection Agency – USA, sul sito <http://www.epa.gov/iris/>; Istituto Superiore di Sanità nella banca dati ISS-INAIL) dei coefficienti (esempio: valori di riferimento quali *Unit Risk* [UR], *Slope Factors* [SF], *Reference Concentration* [RfC], *Reference Dose* [RfD], *Tolerable Daily Intake* [TDI], etc.), che già sintetizzano il contenuto della letteratura relativamente all'esistenza di una relazione dose-risposta tra ogni singola esposizione/pericolo e l'evento avverso (o gli eventi avversi) che caratterizza tale esposizione (si tratta, in generale, di coefficienti condivisi dalla comunità scientifica, e ciò semplifica sia il lavoro di identificazione delle relazioni dose-risposta, sia le formule da utilizzare nella successiva fase di stima).

Per il particolato aerodisperso (PM₁₀, PM_{2,5}) e per gli ossidi di azoto (NO_x) coefficienti analoghi non risultano disponibili o non sono del tutto condivisi dalla comunità scientifica, pertanto occorre riferirsi alla letteratura a disposizione sulle evidenze epidemiologiche. L'esame di tale letteratura, tuttavia non produce necessariamente risultati che sono condivisi dall'intera comunità scientifica, e ciò introduce degli argomenti di arbitrarietà che possono risultare rilevanti. La soluzione largamente adottata, anche se ovviamente non scevra da criticità spesso significative, è quella di fare riferimento a valutazioni condotte da Organismi di riconosciuto valore (esempio tipico: OMS, Organizzazione Mondiale della Sanità), a testi normativi (leggi e decreti), a linee guida di società scientifiche o Enti di riferimento (esempio: ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), oppure a documenti di consenso prodotti da diversi attori. Il ricorso all'esame della letteratura scientifica per l'identificazione della relazione dose-risposta da applicare nell'approccio epidemiologico naturalmente può caratterizzare anche le sostanze per le quali esistono i coefficienti condivisi di cui sopra, con le conseguenti problematiche già indicate per il particolato aerodisperso e per gli ossidi di azoto.

Ad esempio, per quanto riguarda gli ossidi di azoto ed il particolato aerodisperso per lo studio relativo al cunicolo de La Maddalena si è fatto riferimento ai risultati del progetto HRAPIE della Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO Regional Office for Europe: *Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen*

dioxide. WHO, 2013; WHO Regional Office for Europe: *WHO Expert Meeting: Methods and tools for assessing the health risks of air pollution at local, national and international level. Meeting report*. Bonn, Germany, 12-13 May 2014) recuperando i valori di rischio relativo (ed i relativi intervalli di confidenza al 95%) dalla banca dati del software AIRQ+ sviluppato dalla stessa OMS (Regional Office for Europe). Nello specifico, i valori di Rischio Relativo (RR) e gli intervalli di confidenza al 95% (IC95%) presenti nei documenti citati sono riportati nella tabella che segue:

Inquinante	Effetto	Fonte	RR	IC 95%
NO ₂	Mortalità naturale	WHO	1.0027	1.0016-1.0038
	Ricoveri respiratori	WHO	1.019	1.0115-1.0245
PM ₁₀	Mortalità naturale	WHO	1.0074	1.0062-1.0086
	Mortalità respiratoria	WHO	1.012	1.008-1.037
	Mortalità cardiovascolare	WHO	1.008	1.005-1.018
	Ricoveri cardiovascolari	WHO	1.009	1.002-1.017
	Ricoveri respiratori	WHO	1.008	1.001-1.015
PM _{2,5}	Mortalità naturale	WHO	1.062	1.040-1.083
	Mortalità tumore bronchi-polmoni	WHO	1.09	1.04-1.14
	Ricoveri cardiovascolari	WHO	1.0091	1.0017-1.0166
	Ricoveri respiratori	WHO	1.019	0.9982-1.0402

La recente pubblicazione della WHO “*WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*” (Geneva: World Health Organization; 2021), sebbene non sia ancora chiaro se ad essa si debba fare riferimento anche nel nostro paese, rappresenta sicuramente una fonte aggiuntiva di informazioni di cui tenere conto per l’assessment.

La valutazione dell’esposizione

Anche per quanto riguarda la sezione denominata “valutazione dell’esposizione” si farà riferimento alle risultanze che emergeranno dalla precedente fase di scoping, e sempre a titolo di esempio viene riportata una delle tabelle prodotte per il cunicolo de La Maddalena.

Variazioni nel tempo degli inquinanti monitorati: confronto tra la situazione (valore mediano, valore medio) durante le attività di scavo e la situazione *ante operam*. I valori negativi indicano che i valori rilevati durante l’esecuzione dell’opera sono risultati inferiori ai valori rilevati *ante operam*.

Sostanza	Punto di prelievo	MedianaPost-MedianaPre (µg/m ³)	MediaPost-MediaPre (µg/m ³)
Arsenico	A3.1b (Susa)	-1,8997930	-1,8997780
	A5.1b-A5.4 (Chiomonte)	-0,3280000	-0,2316918
	A5.20b (Gravere)	-0,3560000	-0,2859552
Nichel	A3.1b (Susa)	-1,7681600	-1,7681600
	A5.1b-A5.4 (Chiomonte)	-3,7500000	-3,3270026
	A5.20b (Gravere)	-2,9050000	-0,9763060
Piombo	A3.1b (Susa)	-0,0025100	-0,0025100
	A5.1b-A5.4 (Chiomonte)	-0,0008100	-0,0004379
	A5.20b (Gravere)	-0,0010650	-0,0004950
Zinco	A3.1b (Susa)	-0,0485500	-0,0485500
	A5.1b-A5.4 (Chiomonte)	-0,0314000	-0,0184776
	A5.20b (Gravere)	-0,0526500	-0,0319800
PM10	A3.1b (Susa)	-4,8000000	-4,0740000
	A5.1b-A5.4 (Chiomonte)	-6,5000000	-7,0160000
	A5.20b (Gravere)	-5,9500000	-3,9360000
	A6.6 (Giaglione)	6,4500000	7,8880000
NO2	A3.1b (Susa)	3,8000000	6,9100000
	A5.1b-A5.4 (Chiomonte)	4,2000000	1,4400000

Infine, per quanto riguarda la sezione denominata “caratterizzazione del rischio” si farà ricorso (come detto) sia all’approccio tossicologico (nella sua versione per rischio cancerogeno e per rischio non cancerogeno) per la via inalatoria che all’approccio epidemiologico, applicando le relative formule proposte dalla letteratura.

Per quanto riguarda l’approccio tossicologico nella versione per rischio non cancerogeno si calcolerà il rischio determinato dall’esposizione a più sostanze, per via inalatoria, utilizzando l’indicatore Hazard Index (HI - indice di pericolosità) secondo la seguente formula:

$$HI = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{RfC_i}$$

dove:

n = numero di sostanze della miscela che esplicano effetti tossici non cancerogeni;

C_i = concentrazione media annua di esposizione all’inquinante i-esimo;

RfC_i = valore di riferimento disponibile relativo alla tossicità per l'inquinante i-esimo (è la stima della quantità massima di sostanza che può essere inalata giornalmente e per tutta la vita senza comportare apprezzabili rischi per la salute umana).

Per prudenza valutativa l'indicatore, che dovrà essere calcolato relativamente ad ogni punto di prelievo (e non per singolo comune), andrà sommato su tutti i fattori di rischio ambientali misurati, ipotizzando (in questo modo) che tali fattori di rischio agiscano tutti sullo stesso organo bersaglio. Il rischio risulterà così, prudentemente, sovrastimato.

Affinché il rischio sia ritenuto accettabile, l'HI così calcolato deve risultare inferiore o uguale all'unità.

Per quanto riguarda l'approccio tossicologico nella versione per rischio cancerogeno si calcolerà il rischio determinato dall'esposizione a più sostanze, per via inalatoria, utilizzando l'indicatore Risk Index (RI - indice di rischio) secondo la seguente formula:

$$RI = \sum_{i=1}^n C_i * UR_i$$

dove:

n = numero di sostanze della miscela che esplicano effetti tossici cancerogeni;

C_i = concentrazione media annua di esposizione all'inquinante i-esimo;

UR_i = Unità di Rischio cancerogeno per l'inquinante i-esimo (rappresenta il rischio addizionale di sviluppare un tumore in un tempo di vita di 70 anni, all'interno di una ipotetica popolazione di 1.000.000 di persone le quali abbiano tutte una concentrazione di esposizione (C_i) costante e pari ad $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della sostanza nell'aria che respirano).

Anche in questo caso l'indicatore dovrà essere calcolato relativamente ad ogni punto di prelievo (e non per singolo comune).

Il valore risultante di RI_i è un numero assoluto adimensionale che rappresenta il rischio addizionale di sviluppare un tumore in un tempo di vita di 70 anni all'interno di una ipotetica popolazione di 1.000.000 di persone esposta alla concentrazione media annuale aggiuntiva attribuibile alla realizzazione dell'opera per quella i-esima sostanza (dove il valore di 70 anni cui fa riferimento l'indicatore è il valore internazionalmente accettato per questo tipo di valutazioni: le UR disponibili nelle banche dati esaminate forniscono tutte questo valore.

Non si tratta quindi di una scelta arbitraria di questa VIS ma si tratta dell'unica opzione possibile alla luce delle informazioni oggi utilizzabili).

Nel caso delle sostanze genotossiche, le indicazioni internazionali (si veda, ad esempio: USEPA, “*Supplemental guidance for assessing susceptibility from early-life exposure to carcinogens*”, 2005) suggeriscono di introdurre una variazione nella formula per tenere conto della età del bersaglio potenzialmente esposto (popolazioni sensibili o fragili). A tal proposito vengono suggeriti tre fattori di aggiustamento: 10, per una età compresa tra 0 e 2 anni; 3 per una età compresa tra 3 e 16 anni; 1 per una età superiore a 16 anni. Adottando tali coefficienti, la formula per il calcolo del rischio per ogni singola sostanza genotossica si modifica come segue:

$$RI_i = UR_i * C_{i\ 0-2} * 10 + UR_i * C_{i\ 3-16} * 3 + UR_i * C_{i\ >16} * 1$$

[Nota Bene. Il valore di rischio di cui alle formule precedenti corrisponde ad un rischio cumulativo per tutta la vita (ELCR - Estimated Lifetime Cancer Risk - definito come la probabilità incrementale dell'insorgenza di casi di tumore nel corso della vita causati dall'esposizione alla sostanza cancerogena in studio, considerando per convenzione un'esposizione della durata di 70 anni).]

Nella valutazione di RI esistono, a seconda dei riferimenti che si vogliono utilizzare, diversi livelli di azione in corrispondenza dei valori 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} . Ad esempio, se si prende come riferimento l'Allegato 1 al Titolo V della Parte quarta del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., il rischio stimato è considerato accettabile se il valore di RI è inferiore o uguale a 1×10^{-6} come valore di rischio incrementale per la singola sostanza cancerogena e 1×10^{-5} come valore di rischio incrementale cumulato per tutte le sostanze cancerogene, ed esistono definiti livelli di azione in funzione di altri valori di RI.

Nel calcolo sia di HI che di RI occorrerà fare attenzione alla unità di misura dei singoli fattori di rischio (e dei relativi RfC e/o UR): la somma dovrà usare la stessa unità di misura dei coefficienti di riferimento (mg per RfC, μg per UR).

Si procederà analogamente per le stime epidemiologiche, dove l’accento non è però sul valore del rischio cumulativo bensì sul numero di casi (in eccesso o in difetto) attribuibili alla realizzazione dell’opera (CA = Casi Attribuibili) secondo la formula:

$$CA = (RR-1) \times Tasso_{pop} \times \Delta C \times Pop_{exp}$$

Dove:

RR-1 = eccesso di rischio per unità di variazione della concentrazione/esposizione del fattore di rischio in esame;

Tasso_{pop} = tasso di mortalità/morbidità/incidenza al baseline nella popolazione target per l’effetto considerato;

ΔC = variazione nelle concentrazioni/esposizioni ambientali *ante-post operam* per la/e quale/i s’intende valutare l’effetto;

Pop_{exp} = dimensione della popolazione target.

[Nota Bene. Il numero di casi attesi così calcolato corrisponde ad un valore annuale di casi (in più, in meno) attribuibili all’azione del pericolo nelle condizioni allo studio, e non ad un rischio cumulativo per tutta la vita (come è invece tipico nel caso del “risk assessment” tossicologico presentato in precedenza)]

Come analisi di sensibilità, il calcolo dei Casi Attribuibili sarà effettuato anche usando la formula nella versione per tassi logaritmici:

$$CA = [\exp((\ln RR) \times (\Delta C)) - 1] \times Tasso_{pop} \times Pop_{exp}$$

Per il calcolo dell’intervallo di confidenza (cioè l’incertezza) della stima relativa al numero di casi attribuibili è necessario ripetere i calcoli sopra descritti utilizzando sia il limite inferiore che quello superiore del RR riportato nella letteratura di riferimento.

Nel caso di NO₂ e di PM i valori di RR sono disponibili per variazioni di esposizione di 10 µg/m³: in tali situazioni il valore di ΔC dovrà essere sostituito dal valore $\Delta C/10$.

Il numero totale di CA dell’area sarà ottenuto per somma delle componenti dei singoli comuni (si veda anche oltre).

Poiché per il numero di Casi Attribuibili emergenti dalla valutazione di impatto epidemiologica non sono riconosciuti valori di riferimento (che erano invece disponibili per HI e RI), al fine di poter ricavare un valore di rischio confrontabile con i livelli di azione presenti in letteratura o nei documenti normativi si utilizzerà la proposta metodologica

contenuta nel lavoro di Galise et al (*Galise I, et al: L'impatto ambientale e sanitario delle emissioni dell'impianto siderurgico di Taranto e della centrale termoelettrica di Brindisi. Epidemiol Prev 2019; 43 (5-6): 329-337*) così come corretta e modificata da Zocchetti (*Zocchetti C: Epidemiologic Health Impact Assessment: estimation of attributable cases and its use for decision making. Med Lav 2022; 113,1. e2022010 10.23749/mdl.v113i1.12385*), proposta che esita nel calcolo del Incremental Lifetime Cumulative Risk (ILCR) come differenza tra l'incidenza cumulativa *post operam* (CI_{po}) e l'incidenza cumulativa *ante operam* (CI_{ao}):

$$\text{Incremental Lifetime Cumulative Risk (ILCR)} = CI_{po} - CI_{ao}$$

$$ILCR_{i-k} \cong 5 \times \sum_{j=i}^k Tasso_{pop5j} \times (RR - 1) \times \Delta C$$

dove l'indice j rappresenta le classi di età 0-4, 5-9, ...

Nel caso della valutazione di impatto epidemiologica, ed in presenza di più punti di prelievo dei fattori di rischio per un singolo comune, il calcolo dei Casi Attribuibili andrà condotto considerando come unità geografica la “sezione di censimento” secondo ISTAT (e la relativa popolazione residente).

La fase di assessment dovrà essere ripetuta per le attività in corso d'opera (cantiere) e *post operam* (esercizio). Per tali attività oltre alla valutazione prospettiva di impatto sanitario (VIS) sarà possibile calcolare anche una Valutazione Retrospettiva di Danno Sanitario (VDS): per tale valutazione nelle formule epidemiologiche anticipate occorrerà sostituire il valore (RR-1) con il valore (RR-1)/RR.

L'output dell'assessment

L'output della fase di assessment sarà costituito innanzitutto dalla indicazione di dettaglio degli impatti dell'opera (nelle sue diverse fasi: cantiere, esercizio, ...) con la precisazione della stima dei valori di esposizione e degli impatti sanitari (sia in termini di indici cumulativi di rischio sia in termini di casi attesi), preceduta dalla descrizione dell'apparato metodologico (tossicologico, epidemiologico) adottato.

Ancora a titolo di esempio vengono proposte le tabelle che seguono, sempre relative al cunicolo de La Maddalena.

Risk assessment cancerogeno e tossicologico. Sono riportate le variazioni nel tempo (*post operam - ante operam*) delle esposizioni (mediana, media), i valori delle Unità di Rischio cancerogeno (I.U.R.) e delle concentrazioni di riferimento per il rischio tossicologico (R.f.C.), i risultati del rischio cancerogeno (per 10⁻⁶: R E-06) e del rischio tossicologico (HQ).

Sostanza	Punto di prelievo	MedianaPost-MedianaPre (µg/m ³)	MediaPost-MediaPre (µg/m ³)	I.U.R. (µg/m ³)	R.f.C (mg/m ³)	R E-06 (DeltaEsp_Median_a)	R E-06 (DeltaEsp_Media)	HQ (DeltaEsp_Median_a)	HQ (DeltaEsp_Media)
Berillio	A3.1b (Susa)	0,0000135	0,0000000	0,0024000	0,000020	0,0324	0,0000	0,00068	0,00000
	A5.1b-A5.4 (Chiomonte)	0,0000140	0,0000115	0,0024000	0,000020	0,0336	0,0276	0,00070	0,00057
	A5.20b (Gravere)	0,0000245	0,0000334	0,0024000	0,000020	0,0588	0,0802	0,00123	0,00167
Arsenico	A3.1b (Susa)	-0,0016930	-0,0016930	0,0043000	0,000015	-7,2799	-7,2799	-0,11287	-0,11287
	A5.1b-A5.4 (Chiomonte)	-0,0003280	-0,0002317	0,0043000	0,000015	-1,4104	-0,99627	-0,02187	-0,01545
	A5.20b (Gravere)	-0,0003560	-0,0002860	0,0043000	0,000015	-1,5308	-1,22961	-0,02373	-0,01906

Health impact assessment epidemiologico. Sono riportate le variazioni nel tempo (*post operam - ante operam*) delle esposizioni (mediana, media), le patologie considerate, il Rischio Relativo (RR) di letteratura, il tasso di riferimento per la patologia considerata, la popolazione dei comuni, i risultati del calcolo del rischio in termini di numero di casi attesi ogni anno (per la variazione mediana e per la variazione media)

Sostanza	Punto di prelievo	MedianaPost-MedianaPre (µg/m ³)	MediaPost-MediaPre (µg/m ³)	Patologia	RR	Tasso x 100.000	Popolazione	Attesi (Delta Mediana)	Attesi (Delta Media)
PM10	A6.6 (Giaglione)	6,45	7,888	Mortalità Naturale	1,0074	426,20	626	0,01273	0,01557
	A6.6 (Giaglione)	6,45	7,888	Mortalità Respiratoria	1,0120	32,70	626	0,00158	0,00194
	A6.6 (Giaglione)	6,45	7,888	Mortalità Cardiovascolare	1,0080	179,20	626	0,00579	0,00708
	A6.6 (Giaglione)	6,45	7,888	Ricoveri Respiratori	1,0080	638,05	626	0,02061	0,02520
PM2.5	A6.6 (Giaglione)	6,45	7,888	Mortalità Naturale	1,0620	426,20	626	0,10669	0,13048
	A6.6 (Giaglione)	6,45	7,888	Mortalità Tum. polmoni	1,0900	34,05	626	0,01237	0,01513
	A6.6 (Giaglione)	6,45	7,888	Ricoveri Respiratori	1,0190	638,05	626	0,04895	0,05986
NO2	A3.1b (Susa)	3,80	6,910	Mortalità Naturale	1,0027	426,20	6414	0,02805	0,05100
	A5.1b-A5.4 (Chiomonte)	4,20	1,440	Mortalità Naturale	1,0027	426,20	881	0,00426	0,00146
NO2	A3.1b (Susa)	3,80	6,910	Ricoveri Respiratori	1,0190	638,05	6414	0,29548	0,53730
	A5.1b-A5.4 (Chiomonte)	4,20	1,440	Ricoveri Respiratori	1,0190	638,05	881	0,04486	0,01538

Nota Bene: per il PM_{2,5} si è considerata, cautelativamente, una esposizione analoga a quella del PM₁₀. Si precisa che il PM_{2,5}, non essendo oggetto del monitoraggio prescritto, sarà ricavato ai fini di questo studio.

3. Fase di Reporting

In questa fase sarà redatto un rapporto tecnico che riepiloga le informazioni da fornire ai portatori di interesse, l'eventuale esistenza di conflitti non risolti, le misure atte a ridurre gli

impatti sull’ambiente e sulla salute umana dipendenti da ciascun impatto di progetto. Le principali informazioni riguarderanno l’identificazione degli effetti prioritari (e le opportunità di massimizzare i benefici), l’esito delle discussioni con gli stakeholder e le autorità sulle modalità per eliminare, ridurre o rimediare agli impatti negativi o incrementare i benefici, nonché la scelta di indicatori per l’attuazione del piano di monitoraggio.

Particolare attenzione, nella fase di reporting, dovrà essere dedicata alla documentazione delle attività condotte in tutte le fasi della ricerca, dalla valutazione della letteratura scientifica ai risultati emergenti nella fase di scoping (aree e popolazioni selezionate, informazioni raccolte, informazioni non disponibili, risultati delle valutazioni *ante operam*, misure dei fattori di pressione, ...); alle valutazioni di impatto relative alle diverse attività (*ante operam*, cantiere, esercizio). Poiché un progetto come quello in esame risulta piuttosto complesso nella sua conduzione e propone in continuazione scelte e decisioni che possono modificare significativamente le attività di VIS da mettere in opera, nella fase di reporting le problematiche affrontate dovranno essere dettagliatamente indicate insieme alle decisioni che ne sono conseguite, con la chiara specificazione delle motivazioni che sono state all’origine delle scelte adottate. Si dovrà inoltre dare atto delle scelte e delle indicazioni provenienti dal Tavolo di pilotaggio.

Nelle fasi iniziali del progetto è preferibile una relazione su base semestrale, mentre con il procedere delle attività può essere valutata una frequenza annuale.

Il contenuto della fase di reporting dovrà rientrare anche nelle attività del piano di comunicazione richiesto dalla prescrizione n. 155 della Delibera CIPE 19/2015, piano di comunicazione che non fa parte della presente relazione ma che, sulla base anche delle esperienze maturate relativamente al cunicolo de La Maddalena, sotto il coordinamento del Tavolo di Pilotaggio, potrà prevedere uno scambio di informazioni periodico, sul procedere delle attività di valutazione (della esposizione, dello stato di salute, ...), con i portatori di interesse locale (autorità, enti, associazioni, ...), con la popolazione (o suoi rappresentanti), con i medici di medicina generale ed i pediatri di libera scelta del territorio, anche attraverso pubblicazioni illustrative e momenti di confronto allargato.

4. Fase di Monitoring

Infine, nella fase di monitoring, se non già precisato nei documenti di reporting, dovranno essere elencati gli indicatori del monitoraggio (dei fattori di rischio, degli impatti) e specificato il piano di monitoraggio delle eventuali mitigazioni (compresi i responsabili delle loro attuazioni).

Nella fase di monitoraggio, che interesserà sia le attività di cantiere che quelle di esercizio, verrà valutata la corrispondenza tra le stime di impatto proposte nella precedente fase di assessment e la situazione reale (così come essa si presenta nelle sue diverse fasi) e, in caso di necessità, verranno attuate misure correttive e specifiche azioni di mitigazione e di miglioramento (con riferimento sia agli effetti sulla salute che ai fattori di pressione/esposizione).

Anche per la fase di monitoraggio sarà prodotto un documento, in parte simile al documento di reporting ma con accento sulle attività di monitoraggio, che darà conto della corrispondenza (o meno) tra le stime di impatto prodotte nella fase di assessment e la situazione reale, con l'indicazione degli eventuali ulteriori interventi e proposte per eliminare, ridurre, o rimediare gli impatti negativi e per incrementare quelli positivi.

Dettagli tecnici specifici per la conduzione della fase di monitoraggio saranno forniti successivamente.

BIBLIOGRAFIA

- Arcangeli G, Cupelli V, Montalti M, Pristera M, Baldasseroni A, Giuliano G: Respiratory risks in tunnel construction workers. *Int J Immunopathol Pharmacol*. 2004; 17 (2 Suppl): 91-96
- Ariani F, Baldasseroni A, Muller A, Biffino M, Matteucci A: Reduction of excavation face collapse risk in tunnelling. *Med Lav* 2017; 108: 446-454
- Bakke B, Stewart P, Eduard W: Determinants of dust exposure in tunnel construction work. *Appl Occup Environ Hyg*. 2002; 17: 783-796
- Bakke B, Ulvestad B, Stewart P, Eduard W: Cumulative exposure to dust and gases as determinants of lung function decline in tunnel construction workers. *Occup Environ Med* 2004; 61: 262-269
- Bakke B, Ulvestad B, Thomassen Y, Woldbaek T, Ellingsen DG: Characterization of occupational exposure to air contaminants in modern tunnelling operations. *Ann Occup Hyg*. 2014; 58: 818-829
- Baldasseroni A, Carnevale F, Tomassini L: Cradles of industry and occupational medicine in the modern world: Milan 1906 -- *Annus Mirabilis*. *Med Lav* 2013; 104: 73-80
- Basnet P, Gurung S, Pal R, Kar S, Bharati DR: Occupational stress among tunnel workers in Sikkim. *Ind Psychiatry J* 2010; 19: 13-19. DOI:10.4103/0972-6748.77626
- Bubbico R, Di Cave S, Mazzarotta B, Silvetti B: Preliminary study on the transport of hazardous materials through tunnels. *Accid Anal Prev* 2009; 41: 1199-1205
- Capon A, Sheppard V, Irvine K, Jalaludin B, Staff M, Marks G, Willmore A: Investigating health effects in a community surrounding a road tunnel stack—a cross sectional study. *Environ Health* 2008; 7: 46
- Chung JJ: Social amplification of risk in the Internet environment. *Risk Anal* 2011; 31: 1883-1896
- Consiglio dei Ministri: Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, “Norme in materia ambientale”. Supplemento ordinario n. 96 alla Gu 14 aprile 2006 n. 88
- Cowie CT, Rose N, Ezz W, Xuan W, Cortes-Waterman A, Belousova E, Toelle BG, Sheppard V, Marks GB: Respiratory health before and after the opening of a road traffic tunnel: a planned evaluation. *Plos One* 2012; 7: e48921. DOI:10.1371/journal.pone.0048921
- Dogliotti E, Achene L, Beccaloni E, Carere M, Comba P, Crebelli R, Lacchetti I, Pasetto R, Soggiu ME, Testai E: Linee guida per la valutazione di impatto sanitario (D.Lvo 104/2017). *Rapporti Istisan* 19/9
- Ellingsen DG, Seljeflot I, Thomassen Y, Thomassen M, Bakke B, Ulvestad B: Biomarkers of endothelial activation and thrombosis in tunnel construction workers exposed to airborne contaminants. *Int Arch Occup Environ Health* 2017; 90: 309-317
- Ellingsen DG, Ulvestad B, Bakke B, Seljeflot I, Barregard L, Thomassen Y: Serum pneumoproteins in tunnel construction workers. *Int Arch Occup Environ Health* 2015; 88: 943-951
- Galise I, et al: L’impatto ambientale e sanitario delle emissioni dell’impianto siderurgico di Taranto e della centrale termoelettrica di Brindisi. *Epidemiol Prev* 2019; 43 (5-6): 329-337
- Haynes R, Savage A: Assessment of the health impacts of particulates from the redevelopment of King Cross. *Environ Monit Assess* 2007; 130: 47-56

- Irvine C, Pugh CE, Hansen EJ, Rycroft RJ: Cement dermatitis in underground workers during construction of the Channel Tunnel. *Occup Med (Lond)* 1994; 44: 17-23
- ISPRA e Sistema Nazionale per la Protezione dell’Ambiente. Linee guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA, AIA). Bologna, 22 aprile 2015
- Klepczyńska Nyström A, Svartengren M, Grunewald J, Pousette C, Rödin I, Lundin A, Sköld CM, Eklund A, Larsson BM: Health effects of a subway environment in healthy volunteers. *Eur Respir J* 2010; 36: 240-248
- Kulkarni AC: Compressed air working in Chennai during metro tunnel construction: occupational health problems. *Indian J Occup Environ Med* 2017; 21: 105-108
- Kuykendall JR, Shaw SL, Paustenbach D, Fehling K, Kacew S, Kabay V: Chemicals present in automobile traffic tunnels and the possible community health hazards: a review of the literature. *Inhal Toxicol* 2009; 21: 747-792
- Nakagawa H, Nishijo M, Tabata M, Morikawa Y, Miura K, Okumura Y, Handa K: Dust exposure and lung cancer mortality in tunnel workers.. *J Environ Pathol Toxicol Oncol* 2000; 19: 99-101
- Oliver LC, Miracle-McMahill H: Airway disease in highway and tunnel construction workers exposed to silica. *Am J Ind Med* 2006; 49: 983-996
- Orru H, Lövenheim B, Johansson C, Forsberg B: Potential health impacts of changes in air pollution exposure associated with moving traffic into a road tunnel. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2015; 25: 524-531
- Pavone VLM, Lisi C, Cinti D, Cervino D, Seniori Costantini A, Forastiere F: I determinanti degli infortuni sul lavoro nella costruzione della linea ferroviaria “Treno ad Alta Velocità” Bologna-Firenze. *Epidemiol Prev* 2007; 31: 109-116
- Pirastu R, Ancona C, Iavarone I, Mitis F, Zona A, Comba P (Ed.). SENTIERI - Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento: valutazione della evidenza epidemiologica. *Epidemiol Prev* 2010;34 (5-6) Supplemento 3: 1-96
- Rosano S, Pacelli B, Zengarini N, Costa G, Cislighi C, Caranci N: Aggiornamento e revisione dell’indice di deprivazione italiano 2011 a livello di sezione di censimento. *Epidemiol Prev* 2020; 44 (2-3): 162-170. doi: 10.19191/EP20.2-3.P162.039
- Seaton A, Cherrie J, Dennekamp M, Donaldson K, Hurley JF, Tran CL: The London Underground: dust and hazards to health. *Occup Environ Med* 2005; 62: 355-362
- Tüchsen F, Hannerz H, Spangenberg S: Mortality and morbidity among bridge and tunnel construction workers who worked long hours and long days constructing the Great Belt Fixed Link. *Scand J Work Environ Health* 2005; 31: 22-26
- UCLA: Health impact assessment methodology. Available from: <http://www.ph.ucla.edu/hs/health-impact/phasesandprocedures.htm> (ultimo accesso: 15 luglio 2018)
- Ulvestad B, Bakke B, Eduard W, Kongerud J, Lund MB: Cumulative exposure to dust causes accelerated decline in lung function in tunnel workers. *Occup Environ Med* 2001; 58: 663-669

- Ulvestad B, Bakke B, Melbostad E, Fuglerud P, Kongerud J, Lund MB: Increased risk of obstructory pulmonary disease in tunnel workers. *Thorax* 2000; 55: 277-282
- Ulvestad B, Lund MB, Bakke B, Thomassen Y, Ellingsen DG: Short-term lung function decline in tunnel construction workers. *Occup Environ Med* 2015; 72: 108-113
- Van Brusselen DV, Arrazola de Onate W, Maiheu B, Vranckx S, Lefebvre W, Janssen S, Nawrot TS, Nemery B, Avonts D: Health impact assessment of a predicted air quality change by moving traffic from an urban ring road into a tunnel. The case of Antwerp, Belgium. *Plos One* 2016.
DOI:10.1371/journal.pone.0154052
- Villarini M, Moretti M, Fatigoni C, Agea E, Dominici L, Mattioli A, Volpi R, Pasquini R: Evaluation of primary DNA damage, cytogenetic biomarkers and genetic polymorphisms for CYP1A1 and GSTM1 in road tunnel construction workers. *J Toxicol Environ Health A* 2008; 71: 1430-1439
- Vogiatzis K, Zafiropoulou V, Mouzakis H: Monitoring and assessing the effects from Metro networks construction on the urban acoustic environment: The Athens Metro Line 3 Extension. *Sci Total Environ* 2018; 639: 1360-1380. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.05.143. Epub 2018 May 26
- Volante G: Some contributions from the doctor of the miners in the Simplon tunnel: The most human of victories. *The Provinces of Italy to the Simplon tunnel. The family of the miner at Simplon.* 1906. *Med Lav* 2006; 97: 114-123
- United States Environmental Protection Agency: Supplemental guidance for assessing susceptibility from early-life exposure to carcinogens. Cincinnati (OH, USA), 2005
- United States Environmental Protection Agency: The Health Impact Assessment (HIA) Resource and Tool Compilation: A Comprehensive Toolkit for New and Experienced HIA Practitioners in the U.S.. Cincinnati (OH, USA), 2016
- United States Environmental Protection Agency: Integrated Risk Information System (IRIS).
<https://www.epa.gov/iris> (ultimo accesso: dicembre 2019)
- World Health Organization: WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Summary of risk assessment. WHO 2006
- World Health Organization: The HIA procedure. Available from: <https://www.who.int/hia/tools/process/en/> (ultimo accesso: dicembre 2019)
- World Health Organization, European Center for Health Policy: Health Impact Assessment. Main Concepts and suggested approach. Gothenburg Consensus Paper. Brussels, European Centre for Health Policy, WHO Regional Office for Europe 1999
- World Health Organization Regional Office for Europe: Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. WHO, 2013
- World Health Organization Regional Office for Europe: WHO Expert Meeting: Methods and tools for assessing the health risks of air pollution at local, national and international level. Meeting report. Bonn, Germany, 12-13 May 2014

World Health Organization Regional Office for Europe: AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/news/news/2016/05/new-tool-airq-quantifies-health-impacts-of-air-pollution> (ultimo accesso: dicembre 2019)

World Health Organization: WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization, 2021

Zhou R, Wang S, Shi C, Wang W, Zhao H, Liu R, Chen L, Zhou B: Study on the traffic air pollution inside and outside a road tunnel in Shanghai, China. Plos One 2014; 9: e112195.
DOI:10.1371/journal.pone.0112195

Zocchetti C: Epidemiologic Health Impact Assessment: estimation of attributable cases and its use for decision making. Med Lav 2022; 113,1. e2022010 10.23749/mdl.v113i1.12385)

Zocchetti C, Capetta C: Guidelines for environmental impact study (EIS): the proposal Lombardy region for the chapter “Public Health”. Ital J Occup Environ Hyg 2012; 3(4): 203-220