

RAPPORTO SULLO STATO DELL'AMBIENTE IN FRIULI VENEZIA GIULIA

2018



■ AGENTI FISICI



11. La variabilità e le alte concentrazioni del radon in regione: misure e soluzioni

Dall'analisi delle misure di concentrazione di radon indoor effettuate in abitazioni o in luoghi di lavoro, sono state riscontrate forti variabilità sulla distribuzione dei valori e la presenza di criticità molto significative, ma sono anche state individuate numerose soluzioni e strategie per ridurre il problema.

Silvia Pividore, Concettina Giovani
ARPA FVG, Centro Regionale per la Radioprotezione

Il radon è un gas radioattivo naturale, inodore e incolore, prodotto dal decadimento dell'uranio. L'uranio è fra i più antichi elementi naturali esistenti ed è distribuito più o meno ovunque sulla crosta terrestre, perciò anche il radon è presente in tracce nel sottosuolo quasi dappertutto.

Nel suolo generalmente le concentrazioni di radon sono più elevate mentre all'aperto il radon si diluisce rapidamente; negli ambienti chiusi invece, soprattutto in conseguenza del ridotto ricambio d'aria, il radon può concentrarsi, raggiungendo talvolta valori anche molto elevati.

Il radon è quindi un gas naturale, non causato dall'inquinamento, tuttavia è molto pericoloso per la salute: l'Organizzazione Mondiale della Sanità l'ha classificato come cancerogeno certo ed è ritenuto essere la seconda causa di tumore ai polmoni dopo il fumo di sigaretta.

La Commissione Europea, con la Raccomandazione 143/Euratom del 1990, ha fissato dei valori di riferimento della concentrazione di radon negli ambienti chiusi, oltre i quali raccomanda interventi di bonifica per la sua riduzione: 400 Bq/m³ per edifici esistenti e 200 Bq/m³ per edifici da costruire (come parametro di progetto).

Il D. Lgs. 241/00 ha introdotto la valutazione e il controllo dell'esposizione al radon nei luoghi di lavoro. Nel decreto sono individuate, in una prima fase, alcune tipologie di luoghi di lavoro per i quali i datori di lavoro hanno l'obbligo di effettuare misure e valutazioni. Il decreto fissa un livello di riferimento di 500 Bq/m³, oltre il quale il datore di lavoro deve intervenire con più approfondite valutazioni ed eventualmente con azioni di bonifica.

Il D.Lgs. 241/00 prevedeva inoltre che le Regioni, entro 5 anni dalla data di pubblicazione, quindi entro il 31 agosto 2005 (art. 10-sexies e art. 37, comma 5), definissero le aree a elevata probabilità di alte concentrazioni di attività

di radon (radon-prone areas) all'interno del proprio territorio e che l'elenco di tali aree venisse pubblicato nella Gazzetta Ufficiale. Il D.Lgs. 241/00 prevede che un'apposita commissione tecnica definisca criteri e modalità di definizione di tali radon-prone areas oltre che le modalità di misura della concentrazione di radon indoor. In assenza, non solo delle indicazioni di tale commissione, ma anche dell'insediamento della commissione stessa, a tutt'oggi non ancora avvenuto, gli unici documenti al momento pubblicati sono: una bozza del Piano nazionale radon e "le linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei" approvate dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano il 6 febbraio 2003.

A livello regionale è stata inoltre promulgata una legge che, attraverso un regolamento attuativo, prevede, per i soli asili nido, l'obbligo di effettuare misurazioni di radon ai fini di ottenere il rilascio dell'autorizzazione definitiva al funzionamento, imponendo il rispetto dei limiti fissati dalla Raccomandazione Europea (400 Bq/m³); per le strutture scolastiche valgono invece i limiti stabiliti dal D. Lgs. 241/00 (500 Bq/m³).

Come viene misurato il radon

L'unico modo per accertare se si è in presenza di elevati valori di radon è fare una misurazione.

ARPA FVG, grazie al proprio laboratorio per la misura del radon, da sempre è fortemente impegnata nel campo della misura del radon indoor: in particolare è stata eseguita una campagna di misura in tutte le strutture scolastiche, pubbliche e private, di ogni ordine e grado, nelle scuole dell'infanzia e negli asili nido della regione. Nuove misurazioni vengono effettuate gratuitamente ogni anno presso nuove strutture (anche nidi familiari), oppure presso strutture che sono state oggetto di

**L'OMS ha
classificato il
radon come
cancerogeno
certo**

ampliamenti o ristrutturazioni. In Figura 1 viene riportata la distribuzione delle strutture scolastiche con indicazione della conformità ai valori previsti dalla normativa vigente.

In ogni scuola sono state effettuate misure in più locali, il cui numero è dipeso dalla dimensione della scuola e dalle sue caratteristiche costruttive. Le conoscenze, maturate negli anni, sulla distribuzione del radon all'interno degli edifici, hanno portato a intensificare il numero di locali oggetto di indagine fino a comprendere la totalità dei locali della struttura ai piani più bassi dell'edificio (piano terra o rialzato più eventuali piani interrati/seminterrati).

Un numero significativo di strutture scolastiche risulta avere almeno un locale abitabile con concentrazione media superiore a 500 Bq/m^3 , attuale livello di Azione stabilito dal D. Lgs. 241/00. In molti casi gli interventi vengono intrapresi a distanza di alcuni anni dalla comunicazione della criticità. Attualmente le strutture presenti in regione sono 1413: di queste 37 devono ancora essere risanate, mentre 56 sono state oggetto di interventi di risanamento la cui validità è stata attestata da misure annue, così come previsto dal D. Lgs. 241/00.

Anche per quanto riguarda le abitazioni, ARPA FVG ha effettuato diverse campagne di misura in oltre 3000 edifici. In Figura 2 viene riportata la mappa ricavata dai risultati dell'indagine: per ogni quadrante della carta tecnica regionale viene riportata la media aritmetica dei risultati delle misure contenute.

Dall'analisi dei risultati ottenuti dalle misure di concentrazione di radon indoor effettuate in tutte le scuole della regione e in molte abitazioni, è emersa una forte variabilità sulla distribuzione dei valori e la presenza di criticità molto significative.

Per quanto riguarda la variabilità è stato accertato che i valori di concentrazione di radon possono differire di molto anche in abitazioni adiacenti, anche se edificate secondo la stessa tipologia, così come nel caso di villette a schiera. Le variazioni nello spazio sono legate, da un punto di vista geologico, alla diversa composizione mineralogica delle rocce, alla loro permeabilità e alla loro stratificazione, ma anche le diverse modalità di utilizzo degli edifici possono incidere molto (condizioni di riscaldamento, ventilazione, abitudini di utilizzo).

Le mappe che vengono prodotte per presentare i dati regionali hanno un valore indicativo e sono volte a far conoscere la presenza di aree con valori critici di concentrazione di radon ma non possono in alcun modo fornire un'indicazione affidabile riguardo al livello di radon della propria abitazione o nel proprio luogo di lavoro, per

conoscere il quale è sempre necessario effettuare una misurazione.

Quanto è pericoloso il radon?

Non è nota una concentrazione di radon al di sotto della quale l'esposizione non presenta alcun rischio. Anche basse concentrazioni di radon possono portare a un piccolo aumento del rischio di cancro ai polmoni. Le analisi indicano che il rischio di tumore ai polmoni aumenta in proporzione all'aumento di esposizione al radon, ma la maggior parte dei tumori al polmone connessi al radon sono causati da concentrazioni basse e moderate perché, in genere, meno persone sono esposte a elevate concentrazioni di radon in ambienti chiusi.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità, nell'ambito del progetto "International Radon Project" a cui hanno partecipato oltre 100 esperti di 35 Paesi di diversi continenti, ha elaborato un documento dal titolo "WHO Handbook on Indoor Radon. A Public Health Perspective" (settembre 2009) da cui emerge che il radon provoca un incremento di rischio di tumore polmonare statisticamente significativo anche per esposizioni relativamente basse e interagisce marcatamente con il fumo di sigaretta esponendo a un più alto rischio di tumore al polmone i soggetti che consumano o hanno consumato tabacco.

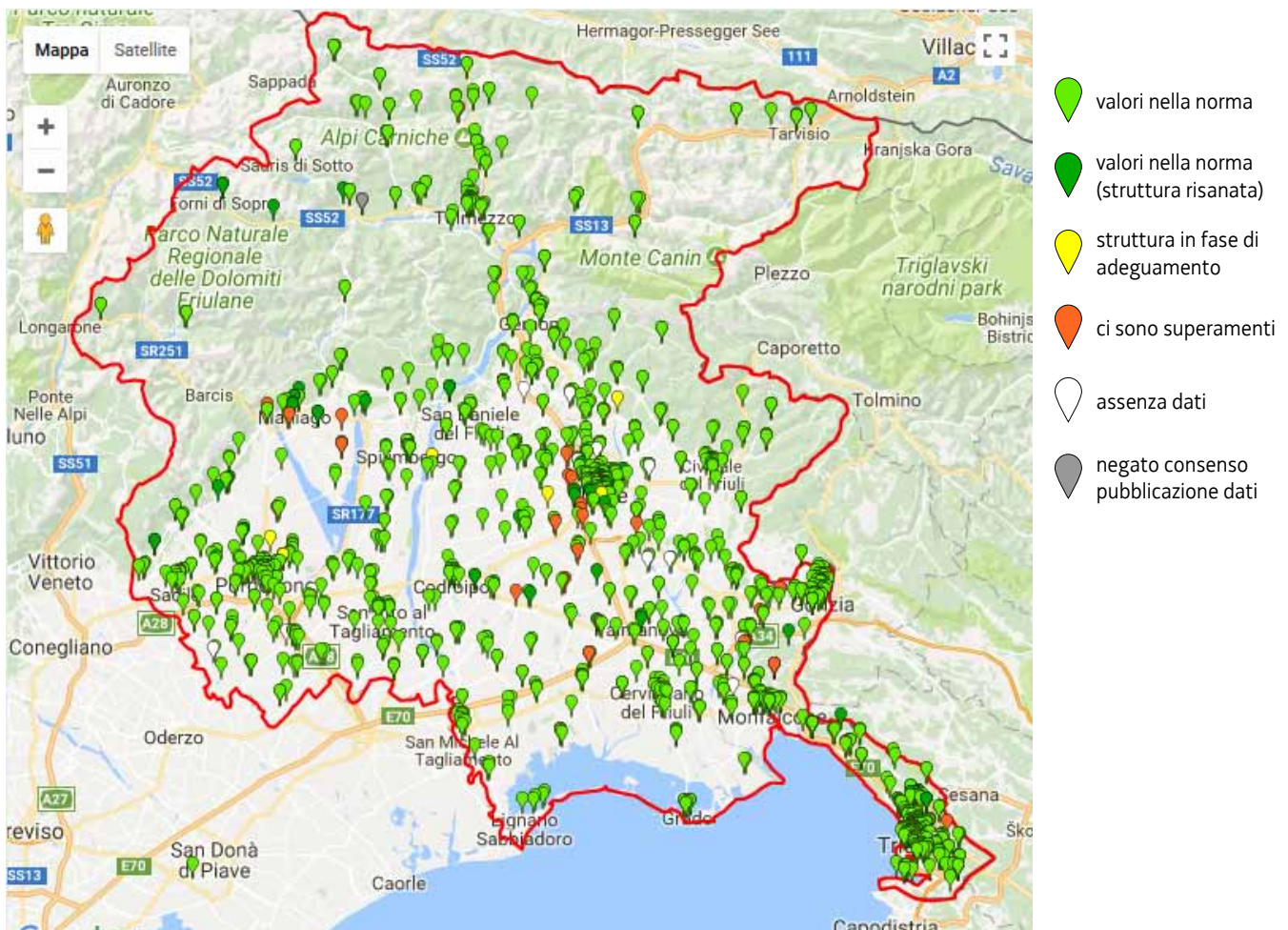
A fronte di queste nuove ricerche emerge quindi la necessità di tenere sempre più in considerazione questa tematica per ridurre sia il numero di persone a rischio sia il rischio individuale per chi vive in zone con alte concentrazioni.

Un altro aspetto che porta ad avere una crescente attenzione per i livelli di radon indoor è legato al miglioramento dell'isolamento termico degli edifici, con particolare attenzione alla riduzione della dispersione energetica: queste migliorie, se non applicate con attenzione, portano a un possibile accumulo dei valori di radon indoor.

L'attività di ARPA FVG

Presso gli edifici che hanno evidenziato criticità sono stati effettuati approfonditi sopralluoghi al fine di indicare, dal punto di vista fisico, gli interventi ritenuti più opportuni per ridurre i livelli di concentrazione di radon indoor. La scelta del metodo per la riduzione della concentrazione di radon indoor più adatto al singolo edificio dipende da molti fattori e deve essere oggetto di discussione e di accordo di tutti i soggetti interessati. L'intervento sull'edificio rappresenta un compromesso tra efficienza del sistema di abbattimento del radon,

Figura 1: misure di concentrazione di radon in tutte le strutture scolastiche (Fonte: sito web ARPA FVG).



costi di installazione ed esercizio, accettabilità da parte degli occupanti, facilità di manutenzione, incidenza sulle abitudini di vita e durata nel tempo.

La regione Friuli Venezia Giulia, che presenta all'interno del suo territorio notevoli variazioni nel parco edilizio e nella consistenza del substrato (suoli sciolti con diverse porosità, calcari fessurati, fenomeni di carsismo, ecc.), offre la possibilità di validare l'applicabilità e l'efficacia di diverse metodologie di intervento, dopo averle opportunamente adattate al singolo caso.

Negli ultimi anni, ARPA FVG ha acquisito molta esperienza nel campo delle azioni di rimedio per la mitigazione della concentrazione di radon in edifici pubblici e privati.

Molto spesso le azioni di rimedio vengono eseguite in fasi successive, partendo da una configurazione base che tipicamente consiste nell'apertura di alcuni fori per la ventilazione del vespaio o nella creazione di condotte di aerazione naturale nel sottosuolo, per poi procedere, nel caso l'intervento non

risulti sufficiente, con l'aumento del numero di fori o di condotte di ventilazione o con l'applicazione di un certo numero di aspiratori per la depressurizzazione. Il numero di aspiratori, e la potenza degli stessi, possono essere anch'essi implementati fino al raggiungimento di risultati soddisfacenti.

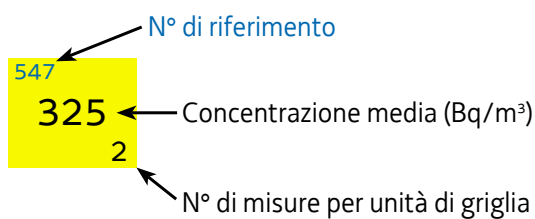
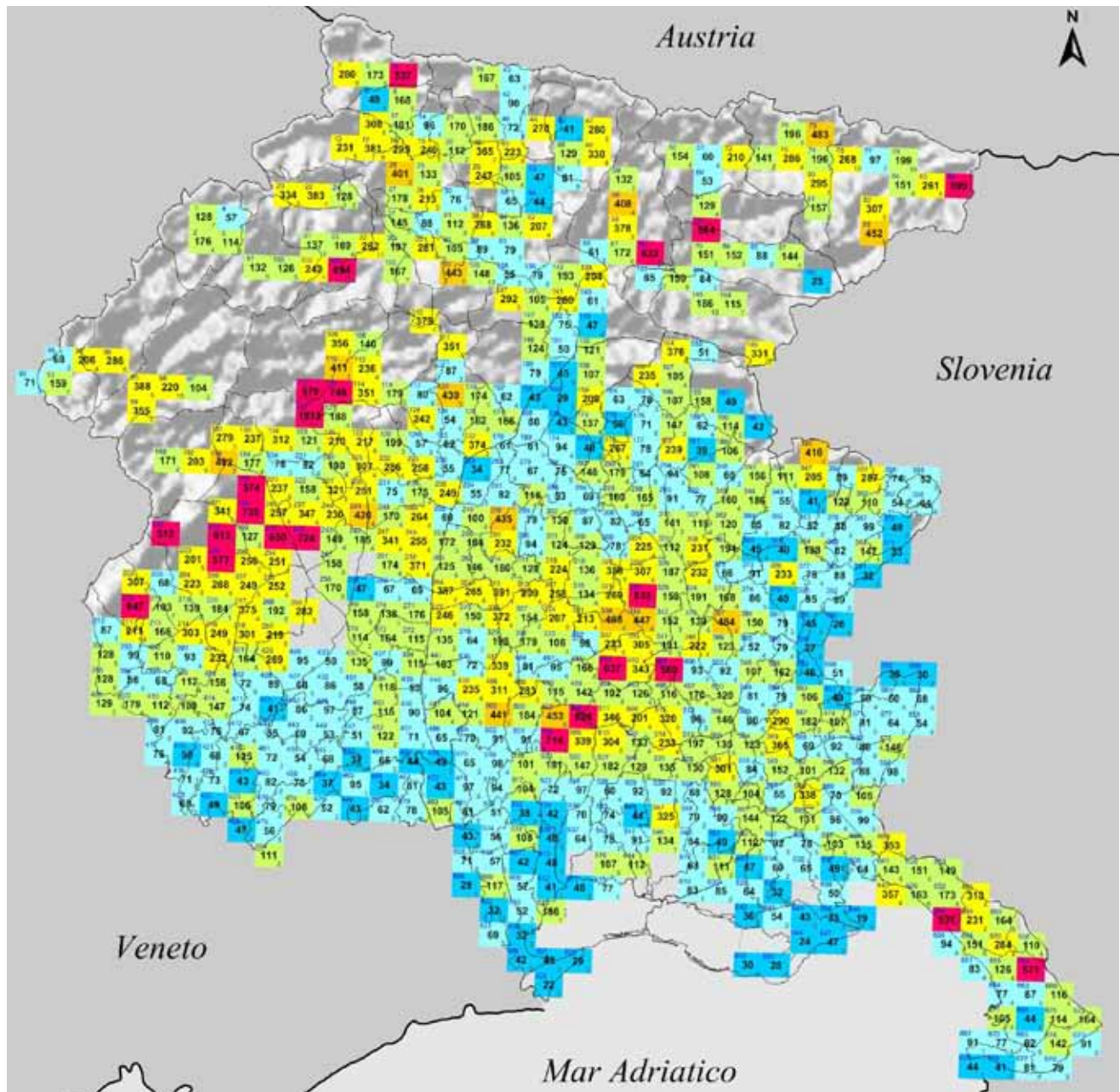
L'OMS sostiene che il radon aumenta il rischio di tumore polmonare anche a basse esposizioni

Affrontare il problema radon è importante sia nella costruzione di nuovi edifici (prevenzione) che nel risanamento (o bonifica) di quelli esistenti. Per ridurre il rischio per la popolazione, le norme dell'edilizia dovrebbero essere ripensate per comprendere misure di prevenzione del radon nelle case in costruzione. Le misurazioni saranno comunque necessarie sia per verificare l'efficacia delle azioni preventive sia per dare eventuale attuazione alla predisposizione di azioni per la riduzione del radon, in modo che le concentrazioni si mantengano al di sotto del limite di riferimento.

A questo proposito a livello normativo è stata pubblicata una nuova Direttiva della Comunità Europea "Direttiva 2013/59/Euratom" dove si indica il livello di riferimento

AGENTI FISICI

Figura 2: misure di concentrazione di radon presso abitazioni: per ogni quadrante della carta tecnica regionale in scala 1:5000 è riportata la media aritmetica delle misure contenute (Fonte: sito web ARPA FVG).



Concentrazione di radon (Bq/m³)

- da 0 a 50
- da 50 a 100
- da 100 a 200
- da 200 a 400
- da 400 a 500
- da 500 a 2000

oltre il quale si suggerisce di intraprendere azioni di risanamento. Tale livello è fissato a 300 Bq/m³ (come media annua) per tutti gli ambienti chiusi, incluse le abitazioni.

Questa Direttiva dovrà essere recepita dalla normativa nazionale, e dovrebbe quindi portare a una riduzione del limite da 500 a 300 Bq/m³ nei luoghi di lavoro (attualmente non su tutti vige l'obbligo di misura) e l'obbligatorietà di rispetto del suddetto valore per le abitazioni (a oggi si fa riferimento a un valore raccomandato inferiore a 400 Bq/m³).

Questo implicherà quindi la necessità di estendere sempre più il numero di edifici coinvolti nelle indagini e anche il numero di interventi volti a ridurre i valori di concentrazione di radon indoor.

Prospettive future

ARPA FVG ha intrapreso negli anni numerose attività nel campo del controllo, della prevenzione e della riduzione del rischio dovuto al radon. Molte iniziative sono state svolte anche per la diffusione della conoscenza del problema, sia a livello dei cittadini che dei diversi enti preposti; questo lavoro ha portato all'inserimento, all'interno del regolamento regionale per il funzionamento degli asili nido, di una richiesta specifica per quanto riguarda i livelli di concentrazione di radon.

A livello della popolazione, tuttavia, la percezione del rischio non è ancora molto estesa, e il numero di privati che scelgono di effettuare un'indagine non ha subito un aumento nel corso degli anni, nonostante diversi interventi volti proprio ad aumentare la sensibilità legata alla tematica.

È auspicabile pensare che, anche grazie al recepimento della Direttiva Europea, previsto entro febbraio 2018, il radon venga sempre più conosciuto e riconosciuto come rischio per la salute. La Direttiva, come già accennato, indica per i luoghi di lavoro un livello di riferimento inferiore a quello previsto dalla normativa attuale (300 Bq/m³ anziché 500 Bq/m³) ma soprattutto estende questo livello anche alle abitazioni. È possibile pensare che un domani le abitazioni, oltre che dalle certificazioni energetiche, debbano essere caratterizzate anche dal certificato inerente i valori di concentrazione di radon indoor.

Molti sono gli incontri che sono stati effettuati e sono ancora in programma per la formazione di diverse fasce di professionisti, sia per gli operatori di Aziende Sanitarie coinvolti nelle attività di vigilanza e controllo sanitario sui luoghi di lavoro, sia per specifici ordini professionali (geometri, architetti, ingegneri, ecc.) al fine di interagire in

maniera costruttiva per uno scambio di conoscenze e per una corretta informazione sui meccanismi di diffusione del radon all'interno degli edifici. Questi interventi sono anche finalizzati a prevenire il problema radon cercando di diffondere la conoscenza su come intervenire negli edifici di nuova costruzione, o nelle ristrutturazioni, per limitare la presenza del gas all'interno degli edifici stessi.

Per quanto riguarda la popolazione, per il 2017 ARPA FVG ha organizzato un ulteriore progetto informativo in cui sono stati distribuiti gratuitamente quasi 2000 dosimetri. "Radon per 1000 famiglie" è stato pensato come un vero e proprio progetto di "Citizen science", che coinvolge i cittadini nelle attività di ricerca e sperimentazione: ognuno infatti ha potuto dare un contributo significativo alla ricerca, anche se non è esperto del settore, aumentando così le proprie competenze scientifiche. Anche attraverso questo progetto, ARPA FVG ha voluto promuovere la consapevolezza e l'attenzione per la tematica radon.

ARPA FVG negli ultimi anni ha acquisito molta esperienza nella mitigazione della concentrazione di radon indoor

Il ruolo di ARPA FVG nel sistema di risposta alle emergenze radiologiche e nucleari

Concettina Giovani, Massimo Garavaglia
ARPA FVG, Centro Regionale per la Radioprotezione



Foto: <https://pixabay.com/>

Il ruolo di ARPA FVG nel sistema di risposta

Il Centro Regionale per la Radioprotezione (CRR) di ARPA FVG si occupa di tutti gli aspetti che riguardano il controllo della radioattività ambientale, sia che essa sia di origine artificiale che naturale, sul proprio territorio. Il CRR fa parte della rete nazionale per il controllo della radioattività ambientale e i dati che vengono da esso forniti alla rete nazionale entrano a far parte del più complesso sistema europeo di controllo della radioattività.

Il controllo della radioattività viene effettuato con monitoraggi periodici sugli alimenti quali lattici, carni, frutta e verdura, e su matrici ambientali quali aria, deposizione al suolo, suoli e muschi, secondo precisi piani e protocolli di campionamento e misura definiti a vari livelli: regionale, nazionale ed europeo. I risultati di tutte le misure effettuate vengono inseriti nel data base nazionale e possono essere utilizzati a livello europeo. Ciò avviene sia durante il monitoraggio or-

Il CRR effettua periodicamente monitoraggi su alimenti come latte, carne, frutta, verdura oltre che aria, suolo e muschi

dinario sia in caso di incidente/emergenza radiologica o nucleare.

Il ruolo del CRR in caso di incidente o emergenze, presunti o reali, radiologici o nucleari transfrontalieri è disciplinato in diversi Piani di intervento redatti allo scopo di fronteggiare tali eventi.

L'importanza del controllo in Friuli Venezia Giulia

Il CRR si trova a operare in un contesto ambientale e territoriale peculiare per almeno tre aspetti. Innanzitutto, come peraltro anche in altre regioni del nord Italia, la contaminazione del territorio regionale dovuta all'incidente di Chernobyl è stata importante e ancora oggi in alcune zone limitate, le matrici ambientali presentano concentrazioni di Cs-137 (cesio-137) che meritano attenzione. Inoltre, attraverso i confini regionali, vengono importati alimenti quali, in particolare funghi e altri prodotti del bosco, di provenienza extraeuropea, che vengono controllati al

momento dell'ingresso in Italia.

In secondo luogo, dai confini regionali transita una grande quantità di rottami metallici che provengono dai paesi dell'est europeo. Non è infrequente, in questo ambito, il rinvenimento di anomalie radiometriche sia direttamente alla frontiera sia all'ingresso degli impianti che fondono questi rottami. Inoltre, sul territorio regionale sono presenti molte sorgenti radioattive, alcune posizionate all'interno di aziende e altre trasportate su appositi mezzi, utilizzate per effettuare controlli in ambito industriale. A ciò si aggiungono numerosi rinvenimenti di "anomalie radiometriche" all'interno degli impianti di trattamento rifiuti, che spesso sono generate da vecchi oggetti di uso comune, quali sveglie o bussole che nel passato contenevano radionuclidi, o da rifiuti provenienti da abitazioni di pazienti trattati con radiofarmaci.

L'ultimo aspetto che rende peculiare l'attività del CRR è la vicinanza con l'impianto nucleare per la produzione di energia elettrica di Krsko, in Slovenia. La centrale si trova in linea d'aria a meno di 130 km dai confini nazionali e a meno di 150 km dalla città di Trieste.

I rifiuti radioattivi

L'utilizzo di sorgenti radioattive per usi civili, sanitari e industriali, è molto frequente. Sorgenti radioattive vengono utilizzate in ambito industriale per misurare spessori, densità, livelli, bontà delle saldature, ecc.. Inoltre sorgenti radioattive sono impiegate in ambito sanitario sia a scopo terapeutico sia diagnostico.

Molti oggetti di uso comune, prodotti nel passato, contenevano radionuclidi allo scopo di rendere fluorescenti, e quindi visibili al buio, parti degli oggetti stessi, quali parti finali di lancette di orologi, sveglie e bussole con i relativi quadranti; anche molta strumentazione militare sfruttava le stesse caratteristiche (cruscotti di aerei o altri mezzi militari, bussole e strumentazioni di bordo in genere). Tutti questi oggetti, che non vengono più prodotti con aggiunta di radionuclidi, nel tempo vengono dismessi e spesso mandati a smaltimento rifiuti senza tener conto di questa loro caratteristica. Per tale motivo possono essere rinvenuti all'interno di carichi o parchi di rottami metallici o su mezzi che trasportano rifiuti di vario genere, compresi quelli urbani. Può succedere inoltre che vecchi parafulmini, anch'essi nel passato costruiti con aggiunta di radionuclidi, vengano smaltiti in maniera scorretta e conseguentemente rinvenuti negli ambiti già indicati.

Sul territorio del Friuli Venezia Giulia normalmente transitano sorgenti radioattive, di diversa intensità, quali

radiofarmaci prodotti in regione e distribuiti in Italia e all'estero, o sorgenti utilizzate per eseguire controlli su saldature di grandi spessori di metalli quali tubazioni per il trasporto del metano, parti di navi o di ponti ecc..

Più raramente possono transitare trasporti di combustibili nucleari esausti che vengono imbarcati, per lo smaltimento definitivo, nel porto di Trieste o nei porti della vicina Slovenia.

Infine, poiché in ambito militare estero, è previsto l'utilizzo di combustibile nucleare, va considerato che il golfo di Trieste è uno dei siti italiani in cui è prevista la sosta di navigli a propulsione nucleare.

Come opera il CRR

Il CRR, che ha una pronta disponibilità radiologica h24, è dotato di strumentazioni in grado di rilevare bassissime concentrazioni di radioattività in aria, nel particolato atmosferico e nella deposizione al suolo (ciò che per gravità si deposita al suolo sotto forma umida e/o secca) (Figura 1). Si tratta, in particolare, di una centralina per la misura della radiazione gamma in aria, di un campionario di particolato atmosferico e di un sistema di campionamento della deposizione umida, tutti in funzione h24. La misura sul campione di particolato atmosferico viene normalmente fatta tutti i giorni feriali, mentre quella sulla deposizione al suolo mensilmente. In caso di emergenza le misure possono però essere fatte in qualunque momento e la frequenza può essere variata secondo le necessità.

In caso di incidente transfrontaliero le procedure sono dettate dal Piano nazionale di emergenza radiologica.

Durante un'eventuale emergenza, i risultati delle misure effettuate dal CRR vengono inseriti nella banca dati nazionale secondo opportuni protocolli e tempestivamente pubblicati sul sito di ARPA FVG.

Per quanto riguarda la risposta a segnalazioni di presunti incidenti radiologici, il ruolo di ARPA FVG è definito all'interno di Piani di intervento Prefettizi specifici che coinvolgono numerosi altri attori quali, ad esempio, i Vigili del Fuoco.

Ne esistono per i casi di rinvenimento delle sorgenti orfane o presunte tali, per i trasporti di materiali radioattivi, per la sosta in rada

di Trieste di navigli a propulsione nucleare. L'intervento dei tecnici dell'Agenzia è previsto sia in fase di conferma delle anomalie radiometriche sia di supervisione alle operazioni di bonifica volte all'individuazione e alla messa in sicurezza della sorgente fonte dell'anomalia stessa.

Sono inoltre opportunamente disciplinate le attività di ARPA FVG anche all'interno dei Piani Prefettizi di difesa

Durante un'eventuale emergenza il CRR pubblica tempestivamente i risultati sul sito web ARPA FVG

Figura 1: stazione ARPA FVG per la misura di irraggiamento, per la raccolta del particolato atmosferico e della deposizione al suolo.



civile che prevedono ad esempio la possibilità dell'utilizzo, da parte di terroristi, di sorgenti radioattive.

Periodicamente sono previste esercitazioni a livello locale, nazionale e internazionale per testare l'efficienza di tutte le fasi di risposta previste all'interno dei piani di intervento o emergenza. Questa attività è di fondamentale importanza sia per mantenere efficiente il sistema di risposta all'emergenza, correggendone tempestivamente eventuali difetti o carenze, sia per valutare la necessità di aggiornamento dei diversi piani.

A livello internazionale si sta cercando l'armonizzazione tra i diversi piani nazionali di emergenza, in particolare modo tra quelli relativi a paesi confinanti. Nello stesso modo sarà opportuna la revisione e l'armonizzazione di tutti i piani presenti a livello regionale.

Rapporti Italia-Slovenia

Allo scopo di ottimizzare il proprio sistema di monitoraggio della radioattività ambientale, anche con riferimento ad un eventuale incidente alla vicina centrale di Krsko, sono state effettuate numerose attività di collaborazione

con la Slovenia: tra queste possiamo citare la recente firma di un protocollo di collaborazione tra l'ARPA FVG e lo Jožef Stefan Institute (JSI) di Lubiana e la partecipazione, per la prima volta, agli incontri periodici previsti dall'accordo bilaterale tra l'autorità di sicurezza nucleare italiana e slovena (ISPRA e SNSA).

L'accordo con lo Jožef Stefan Institute, presso cui sono presenti i laboratori sloveni per la misura della radioattività, consentirà di sviluppare e potenziare lo scambio di dati e di informazioni ambientali, in particolare nel campo della radioprotezione e delle misurazioni radiologiche.

All'interno dell'accordo bilaterale è stato stabilito un regolare calendario di incontri, il cui scopo è il costante aggiornamento sugli avanzamenti nei sistemi di sicurezza e radioprotezione sia italiani che sloveni e il confronto per la loro gestione ottimale.

Si prevede di stipulare, nei prossimi mesi, un accordo con l'autorità Nazionale Slovena per la Sicurezza Nucleare (SNSA). Tale accordo sarà effettuato tenendo conto anche della recente istituzione in Italia dell'Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione (ISIN).

12. Evoluzione nel tempo dei livelli di campo elettromagnetico a radiofrequenza presso gli impianti di telefonia mobile

Negli ultimi dieci anni il numero delle antenne di telefonia è aumentato di una volta e mezza, mentre la loro potenza totale di ben sei volte. Nonostante ciò, la crescita del campo elettrico medio è stata solo del 20%, mantenendosi a livelli molto inferiori ai limiti di legge.

Anna Bampo, Salvatore Barba, Massimiliano Benes, Marco Marzona, Arturo Merlino, Chiara Montefusco, Mauro Moretuzzo, Nicola Poles, Lucia Tramontin
ARPA FVG, Protezione dall'inquinamento elettromagnetico

Le tipologie d'impianto più importanti per quanto riguarda le emissioni elettromagnetiche ad alta frequenza sono le Radio-TV e le antenne per la telefonia (le Stazioni Radiobase o SRB), se le prime sono rimaste sostanzialmente stabili nel tempo, le seconde hanno subito un notevole aumento nel corso degli anni sia in termini di numero di siti che in termini di potenza trasmittiva.

Infatti l'aumento della telefonia mobile è un fenomeno piuttosto recente, basti pensare all'emergere dell'uso del telefono cellulare e all'evoluzione del suo utilizzo. Per rispondere alle esigenze di connettività la rete degli impianti a servizio della telefonia ha dovuto svilupparsi di pari passo. I gestori di telefonia, seguendo le regole del mercato, operano privilegiando nel tempo alcune aree piuttosto che altre e colmando il divario magari successivamente. Le nuove tecniche impiegate per la codifica del segnale (per esempio: 3G o 4G) vengono generalmente implementate prima nelle città, maggiormente popolate, per poi estendersi anche alle aree periferiche.

A fronte di tale evoluzione è possibile valutare la variazione dei livelli di campo elettromagnetico sul territorio regionale al fine di monitorare l'andamento dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici (CEM).

Numero e potenza delle antenne di telefonia dal 2006 al 2016

Il confronto tra le informazioni presenti negli archivi dell'Agenzia relativi agli impianti di telefonia mobile e le misure acquisite nel corso degli anni ha fatto emergere che mentre il valore della potenza degli impianti SRB negli ultimi 10 anni (2006-2016) è aumentato di sei volte e il numero degli impianti è aumentato di più di una volta e mezza, non si ha analogo riscontro nell'aumento dei valori misurati (variazione massima del 20%).

Nella Figura 1 è riportato l'andamento della potenza e del numero di stazioni radio base dal 2001 a oggi.

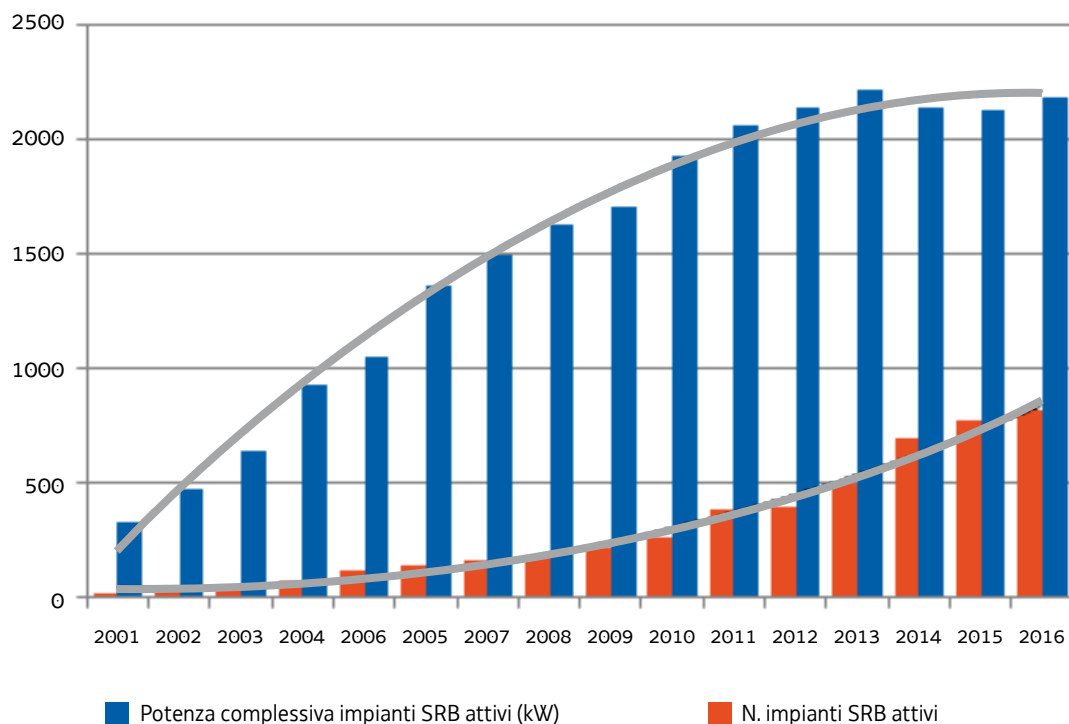
La crescita negli anni risulta evidente per entrambi i parametri rappresentati: l'andamento del numero degli impianti ha subito un rallentamento nell'ultimo periodo (indicativamente dal 2011) mentre la potenza totale ha continuato ad aumentare. Questo è presumibilmente legato al fatto che la rete per la telefonia mobile è ormai sufficientemente completa e l'attività dei gestori si è concentrata maggiormente sulla riconfigurazione degli impianti esistenti e l'attivazione su questi delle nuove tecnologie di trasmissione (UMTS-3G, LTE-4G, ecc.).

In considerazione di tale evoluzione si è ritenuto interessante valutare lo stato e la variazione nel tempo dei livelli di campo elettromagnetico presenti in regione, a partire dal 2001 fino ai giorni nostri; è stata effettuata un'analisi statistica suddividendo la regione in quattro macro-aree corrispondenti alle ex province. Su ogni porzione di territorio sono presenti migliaia di misure di campo elettrico svolte in diverse occasioni mediante strumentazione in grado di rilevare, pur senza distinguerli, tutti i contributi al campo elettrico derivanti dalle diverse sorgenti presenti (radio-televisioni, telefonia mobile, Wi-Fi, ecc.).

Per garantire omogeneità nella tipologia di misurazioni si sono quindi selezionate le misure effettuate nei pressi degli impianti di telefonia mobile (misure entro 300 metri da esse) escludendo quelle effettuate in condizioni particolari (quelle eseguite ai piani alti, all'interno di abitazioni o in occasioni di verifiche su singoli impianti), e operando un'aggregazione delle misure in classi di circa 4 anni.

In tal modo si sono ottenuti più di 20 000 dati di misura su cui effettuare l'analisi; essi in virtù dell'uniformità di condizioni di misura, dell'ampia diffusione che copre in particolare la parte abitata del territorio regionale (le

Figura 1: andamento del numero degli impianti di telefonia (stazioni radio base - SRB) e della potenza totale in regione dal 2001 a oggi.



SRB, a oggi oltre 2000 impianti, vengono installate proprio dove è concentrata l’utenza: città, paesi, località abitate), forniscono una buona rappresentazione dell’esposizione media della popolazione del FVG.

Nella Figura 2 è riportato l’andamento del campo elettrico medio (viene calcolata la media quadratica tra le misure) sulle classi quadriennali su tutto il territorio regionale (la prima e l’ultima classe risultano di 5 anni per compensare la scarsità di misure del 2000 e del 2017 – al momento dell’analisi erano disponibili solo le misure del primo trimestre). Appare evidente l’andamento di crescita del campo elettrico medio che si attesta intorno al 20%, pur mantenendosi a livelli assoluti molto inferiori ai limiti di legge, che nelle aree a permanenza prolungata sono 6 V/m.

In Figura 3 vengono evidenziati gli andamenti nelle singole macro-aree provinciali.

Si osserva che le variazioni del campo elettrico negli anni sono presenti per ognuna delle aree analizzate anche se risultano poco rilevanti: la linea d’interpolazione dei dati evidenzia, per i territori corrispondenti alle ex province di Udine, Pordenone e Gorizia, una debole tendenza all’aumento complessivo dei livelli medi di campo elettrico, mentre per la provincia di Trieste si riscontrano valori sostanzialmente costanti nel corso degli anni.

Come già sottolineato l’analisi effettuata è indirizzata a evidenziare l’andamento nel tempo del campo elettrico sul territorio, per fornire il quadro dell’esposizione media della popolazione. Pertanto non sono state considerate le situazioni di criticità puntuali.

Tali situazioni di criticità relative all’esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza sono attentamente monitorate da ARPA FVG e sono state inserite nel Piano Regionale di Risanamento degli Impianti Radioelettrici (PRRIR) della Regione.

Alcune precisazioni sulle misure effettuate

Emerge, quindi, che il significativo aumento dei fattori di pressione (numero impianti e potenza degli stessi) non si riflette sulla variazione dello stato del campo elettrico e la conseguente esposizione della popolazione.

La potenza disponibile delle antenne resta in gran parte inutilizzata

Ciò probabilmente è dovuto al fatto che l’aumento degli impianti e delle potenze è un’informazione proveniente dalle richieste di installazione/modifica delle SRB nelle quali viene fornita per legge la potenza massima delle antenne. Si tratta quindi di un dato “massimo” teorico.

Nella realtà alcuni impianti potrebbero non essere stati ancora realizzati oppure funzionare a potenze inferiori a

Figura 2: evoluzione negli anni del campo elettrico medio sul territorio regionale.

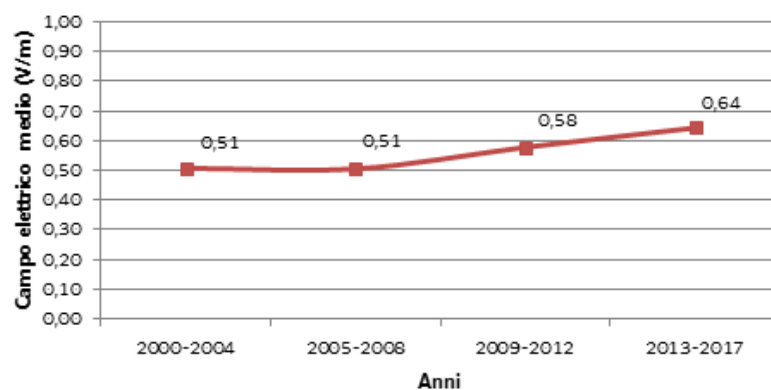


Figura 3: evoluzione negli anni del campo elettrico medio sul territorio di ciascuna ex provincia.

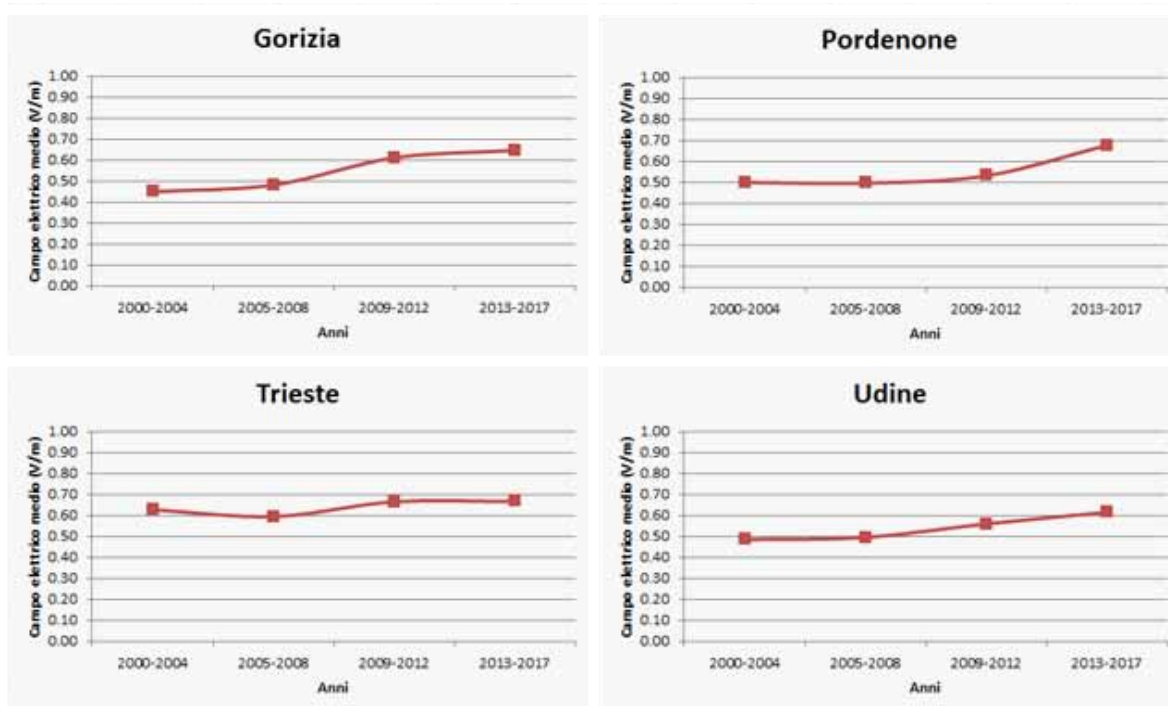
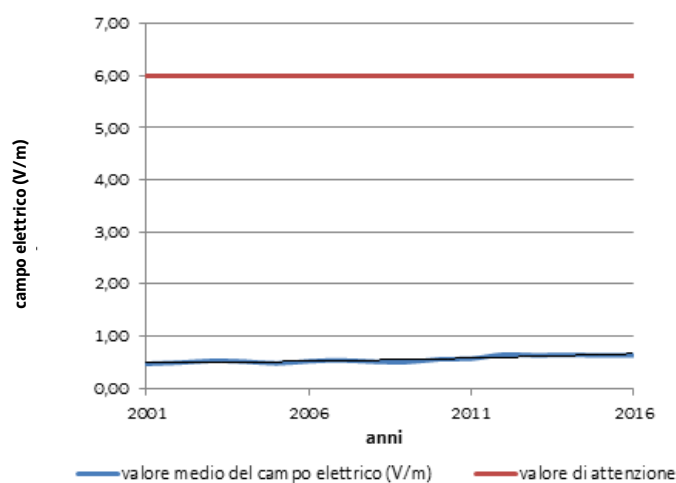


Figura 4: evoluzione negli anni del campo elettrico medio sul territorio regionale confrontato con il valore di attenzione fissato dal DPCM 08.07.03.



quelle di progetto; ne consegue che quella rappresentata è una condizione ipotetica e cautelativa.

Le misure rappresentano, invece, il livello di esposizione "reale", in quanto rilevano le emissioni effettivamente presenti sul territorio.

È importante inoltre ricordare che il funzionamento di ogni antenna di telefonia, e quindi le sue emissioni, è legato al numero di utenti connessi in quel momento e alla tecnologia che utilizzano. In generale l'utilizzo delle nuove tecnologie potrebbe essere in ritardo rispetto alla disponibilità messa in campo dai gestori e, analogamente, potrebbe verificarsi che l'offerta dei gestori è talmente ampia che l'utente medio non riesce a sfruttarla completamente preferendo solo alcune tecnologie di trasmissione. Pertanto la "potenza" disponibile sulle antenne resta in gran parte non utilizzata.

Un ulteriore elemento interpretativo è la localizzazione dei punti di misura: essi sono collocati generalmente a livello del terreno e quindi in una condizione in cui è possibile la presenza di ostacoli (edifici, alberi, terrapieni, ecc.) che si frappongono tra lo strumento di misurazione e l'antenna. Ossia una situazione che non permette di cogliere appieno la variazione dei valori di campo.

Tale situazione è più evidente per la ex provincia di Trieste nella quale l'area cittadina, più intensamente edificata, è predominante rispetto all'estensione del territorio provinciale; in essa l'effetto distorsivo/schermante degli edifici è sicuramente presente.

Certamente misure in quota all'altezza degli impianti potrebbero evidenziare maggiormente le variazioni delle emissioni delle antenne, ma così esse non rappresenterebbero adeguatamente l'esposizione della popolazione che non è presente in tali aree (si consideri che nel caso di appartamenti ai piani alti degli edifici si deve tener conto della schermatura delle pareti dell'abitazione).

Un'analisi più approfondita dell'esposizione potrebbe considerare non solo l'aumento medio dei valori di campo misurati, ma l'aumento delle aree in cui si riscontrano valori non nulli di campo elettrico, quindi sarebbe interessante verificare se negli anni sono aumentate le aree in cui si registrano tali valori. Infine un altro aspetto da considerare potrebbe essere la distribuzione nell'arco della giornata dei valori di campo elettrico che potrebbe essere diversa rispetto al passato.

ARPA FVG sta comunque effettuando un'analisi più puntuale e di maggior dettaglio dell'evoluzione dei valori di campo.

Gli effetti della normativa regionale

Nella nostra regione è vigente la legge regionale 3 del 2011 che deriva da una legge precedente del 2004. Tale legge disciplina lo sviluppo ordinato delle reti di telefonia mobile, degli impianti radiotelevisivi e della banda larga.

Si tratta di una norma ormai consolidata e seguita proficuamente dai gestori che riesce a garantire in modo efficace la protezione della popolazione.

Per i Comuni la stessa norma prevede uno strumento urbanistico per la scelta concertata dei siti di installazione definito "Regolamento comunale per la telefonia mobile".

Si può constatare che l'aver mantenuto, fino dal 2004, un elevato livello di attenzione sia nella fase autorizzativa (verifica della conformità ai limiti di legge) che di misurazione (controllo sul territorio) si è rivelata una ricetta efficace per limitare l'aumento dei livelli di campo e quindi di esposizione della popolazione.

Prospettive future

Sulla base di quanto descritto con riferimento alla natura delle sorgenti di telefonia mobile si possono prospettare degli scenari futuri abbastanza rassicuranti per l'evoluzione nel tempo dei livelli medi di campo elettrico. Se si confronta l'andamento dei valori medi misurati nei vari anni con il minore tra i limiti di legge applicabili (6 V/m valore di attenzione) non si apprezzano variazioni significative (Figura 4).

La situazione potrebbe però evolvere con l'introduzione da parte dei gestori della quinta generazione (5G), chiamata anche *Internet of things* (Internet degli oggetti), che prevede collegamenti alla rete non più da parte delle sole persone, ma anche da parte delle cose (elettrodomestici, automobili, sistemi di allarme, ecc.), il cambio della tipologia dell'utenza potrebbe modificare la situazione attuale più di quanto ha fatto l'evoluzione della tecnologia dei telefoni cellulari.

L'elevato livello di attenzione esercitato ha limitato i livelli di esposizione della popolazione

Bibliografia

Adda S., Anglesio L., 2015, *Esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza nelle aree urbane del Piemonte: evoluzione normativa e variazione dei livelli di campo*, ISPRA Focus su inquinamento elettromagnetico e ambiente urbano, XI Rapporto, 169-186.

Bampo A. et al., 2012, *Catasto degli impianti radioelettrici per telecomunicazioni: un nuovo approccio per la comunicazione dei dati*. AIRP Atti del XXXV Congresso Nazionale di Radioprotezione, Venezia, 17-19 ottobre 2012.

Bampo A. et al., 2015, *Analisi dei dati storici delle Stazioni radio base (SRB) e delle misure in radiofrequenza (RF) in tre città della Regione Friuli Venezia Giulia (Pordenone, Udine, Trieste)*, ISPRA Focus su inquinamento elettromagnetico e ambiente urbano, XI Rapporto, 133-142.

De Donato S.R. et al., 2015, *Confronto fra i livelli stimati di campo elettrico prodotti da antenne di telefonia mobile su edifici residenziali della provincia di Rimini negli anni 2014 e 2009*, ISPRA, Focus su inquinamento elettromagnetico e ambiente urbano, XI Rapporto, 75-81.

ISPRA, 2015, *Focus su inquinamento elettromagnetico e ambiente urbano*, http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/stato-ambiente/Focus_CEM_def.pdf

Ministero dell'Ambiente, 2016, *Relazione sullo Stato dell'Ambiente* (pagg. 132-145), http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/Galletti/rsa_2016_170601_web_0.pdf

Poli S. et al., 2015, *Esposizione della popolazione al campo elettrico prodotto dalle stazioni radio base: risultati per i comuni capoluogo del Veneto*, ISPRA Focus su inquinamento elettromagnetico e ambiente urbano, XI Rapporto, 122-132.

Regione FVG, 2015, *Piano Regionale di Risanamento degli Impianti Radioelettrici*, http://mtom.regione.fvg.it/storage//2015_614/Allegato%201%20alla%20Delibera%20614-2015.pdf

13. Impatto acustico da infrastrutture di trasporto: il rumore da traffico stradale transfrontaliero e il rumore aeroportuale

Nei paesi industrializzati le infrastrutture di trasporto costituiscono la principale sorgente di inquinamento acustico, con importanti risvolti socio-sanitari: il traffico su gomma lungo i corridoi europei e lo sviluppo aeroportuale giocano un ruolo chiave in Friuli Venezia Giulia per la mobilità di merci e persone.

Stefano Favretto, Tommaso Pinat, Vinicio Rorato, Marco Battistutta, Valerio Cipriani, Daniela Domevscek
ARPA FVG, Rumore e vibrazioni

Il traffico stradale

Il traffico stradale rappresenta allo stato attuale in Europa la sorgente predominante di rumore ambientale e spicca, se comparato alle altre infrastrutture di trasporto, per l'elevata diffusione del fenomeno, che interessa tanto i centri urbani quanto le aree extraurbane spesso attraversate da reti di collegamento nazionali e sovranazionali strategiche. Ciò espone una gran parte della popolazione a livelli sonori superiori alle soglie ritenute significative per gli effetti nocivi sulla salute e, più in generale, per la qualità della vita.

La ripresa dei fattori economici porta come conseguenza l'incremento dei traffici, in particolare su gomma stante l'attuale assetto della logistica di scambio delle merci, e impone il potenziamento delle infrastrutture esistenti, prima ancora della costruzione di nuove, in maniera da ampliare la connettività e l'intermodalità fra le stesse.

Le peculiarità del territorio alpino ne fanno una zona sensibile all'impatto acustico

Nell'ambito della rete di trasporto della nostra regione, che si è ritrovata a occupare una posizione centrale rispetto alle rotte europee di transito sugli assi nord-sud ed est-ovest, l'area alpina riveste senz'altro un ruolo di rilevante importanza, riscontrabile nell'aumento del traffico transfrontaliero registrato nell'ultimo decennio; purtroppo, le peculiarità del territorio alpino ne fanno una zona particolarmente sensibile all'impatto acustico da traffico e rendono ulteriormente complessa la gestione delle problematiche di rumore, sia per la conformazione morfologica, che offre limitata disponibilità di spazi e di soluzioni progettuali ottimali, sia per la frequente presenza di fenomeni meteorologici capaci di influire sulla propagazione/attenuazione del rumore prodotto.

Il traffico aereo

Anche il traffico aereo negli ultimi decenni, tanto passeggeri che cargo, risulta in Europa e nel mondo in generale in costante incremento, dimostrando una buona resilienza agli eventi esterni destabilizzanti, come crisi economica, attacchi terroristici, conflitti bellici, allarmi sanitari, ecc. (EASA, EEA, EUROCONTROL, 2016). L'aumento si rivela sensibile non solo in termini di numero di passeggeri e volume di merci trasportate ma anche, seppur in maniera più contenuta e differenziata in base a categoria e rotta, per numero di voli.

Si è inoltre recentemente assistito a un'espansione dei collegamenti, soprattutto per l'affermarsi delle compagnie low-cost, che hanno ampliato l'offerta di voli nazionali e extra-nazionali dando vita a una rete di connessioni aeroportuali più estesa e capillare che coinvolge anche gli aeroporti minori e modifica notevolmente la diffusione degli impatti connessi.

Ciò impegna a mantenere elevata l'attenzione sulle correlate problematiche di tipo ambientale, tra cui l'impatto del rumore aeroportuale su una fetta di popolazione sempre più ampia che si trova esposta a livelli sonori ritenuti significativi dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) per i potenziali effetti negativi sulla salute (Ancona *et al.*, 2014).

Con il costante incremento del traffico aereo, una fetta sempre più ampia della popolazione si trova esposta a livelli sonori significativi

Cosa fa ARPA FVG?

La Struttura Rumore e vibrazioni di ARPA FVG svolge attività di consulenza, di supporto tecnico-scientifico e ana-

Tabella 1: sintesi dei risultati ottenuti nell'ambito del monitoraggio acustico del rumore autostradale transfrontaliero lungo la A23: per ogni campagna di misura è riportata la media settimanale, feriale e del fine settimana del livello equivalente di pressione sonora nel tempo di riferimento diurno e notturno, espressa in decibel.

Anno di monitoraggio	Valori medi L_{Aeq} [dB(A)]					
	settimanali		fine settimana		feriali	
	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
2011 - estate	67,3	64,1	69,2	64,2	66,2	64,0
2011 - inverno	63,3	59,6	61,2	59,4	63,9	59,7
2013 - inverno	64,4	61,0	62,0	60,0	65,0	61,3
2015 - estate	65,0	62,7	64,3	60,9	65,3	63,2
2015 - inverno	60,8	61,7	59,7	61,4	61,2	61,7
2016 - inverno	62,5	59,3	59,8	57,6	63,3	59,8
2017 - estate	63,8	61,2	64,2	60,9	63,9	61,3

litico per gli enti locali ai sensi dell'art. 5 della LR n. 6 del 3 marzo 1998, ovvero opera fornendo il proprio supporto tecnico-scientifico alle autorità giudiziarie.

L'attività prevalentemente si esplica attraverso verifiche e controlli puntuali sugli elementi di pressione che insistono sul territorio, mentre risulta più limitato il monitoraggio dello stato dell'ambiente. Con riferimento alle infrastrutture di trasporto sono tuttavia disponibili, in alcuni casi, delle serie di dati raccolte nel tempo che possono essere utilizzate per considerazioni sull'evoluzione del fenomeno acustico.

Il rumore dovuto all'autostrada A23

Con riguardo al traffico stradale transfrontaliero, i dati disponibili fanno riferimento al progetto iMonitraf!, nato per analizzare l'impatto sul territorio e sulla popolazione dell'inquinamento acustico generato dal traffico che viaggia su gomma e rotaia in diversi corridoi di transito dell'arco alpino. Uno di questi corridoi è stato individuato nell'autostrada A23 che collega l'Austria all'Italia passando per Tarvisio. L'arteria, assieme alle infrastrutture stradali afferenti al cosiddetto Corridoio V, costituisce la principale via di accesso transfrontaliero per la regione FVG.

Nonostante il progetto iMonitraf! si sia concluso nel giugno 2012, l'attività di ARPA FVG è proseguita per fornire i dati ambientali al gruppo di lavoro europeo. L'ultima campagna di misura si è svolta nel luglio 2017.

Dai dati raccolti emerge che durante il giorno i limiti acustici sono sempre rispettati, mentre di notte si verificano ripetuti superamenti del valore limite, a eccezione di due campagne di misura svolte in inverno.

Si è scelto di confrontare, quale dato comune a tutte le

campagne, il valore medio settimanale dei livelli sonori calcolati nei tempi di riferimento diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00), espressi nella scala logaritmica dei decibel (dB) e corretti, come richiesto dalla normativa nazionale, attraverso l'applicazione del filtraggio con curva di ponderazione "A" per ricalcare la sensibilità dell'orecchio umano. Trattandosi di settimane complete, si è deciso di analizzare separatamente anche gli intervalli costituiti dai soli giorni feriali e quelli costituiti dai giorni prefestivi e festivi, onde differenziare le casistiche in funzione della presenza o meno di traffico lavorativo/commerciale (Tabella 1).

Osservando i dati riscontrati si evince che, salvo in un caso nell'estate 2011, l'andamento dei valori non appare né crescente né decrescente. Così non è se si considerano i soli dati estivi, che presentano nel tempo una progressiva decrescita. Sono dunque i dati invernali che, non avendo un andamento definito, contribuiscono a rendere tale anche l'andamento del dato globale (Figura 1).

È inoltre evidente come durante l'inverno la rumorosità maggiore è prevalente nei giorni feriali, mentre in estate, in generale, tale distinzione non si presenta, lasciando supporre che la riduzione del traffico commerciale nel fine settimana venga compensata da un incremento del traffico privato.

Si può sottolineare poi l'anomalia, rispetto a tutti i casi analizzati, riscontrata nella sola campagna invernale del 2015, in cui il valore della media notturna è risultato superiore a quella diurna.

Durante il giorno i limiti acustici sono sempre rispettati, mentre di notte si verificano ripetuti superamenti

AGENTI FISICI

Figura 1: andamento della media settimanale del livello equivalente di pressione sonora nei tempi di riferimento diurno e notturno, distinta fra campagne di misura estive e invernali, e confronto coi limiti applicabili.

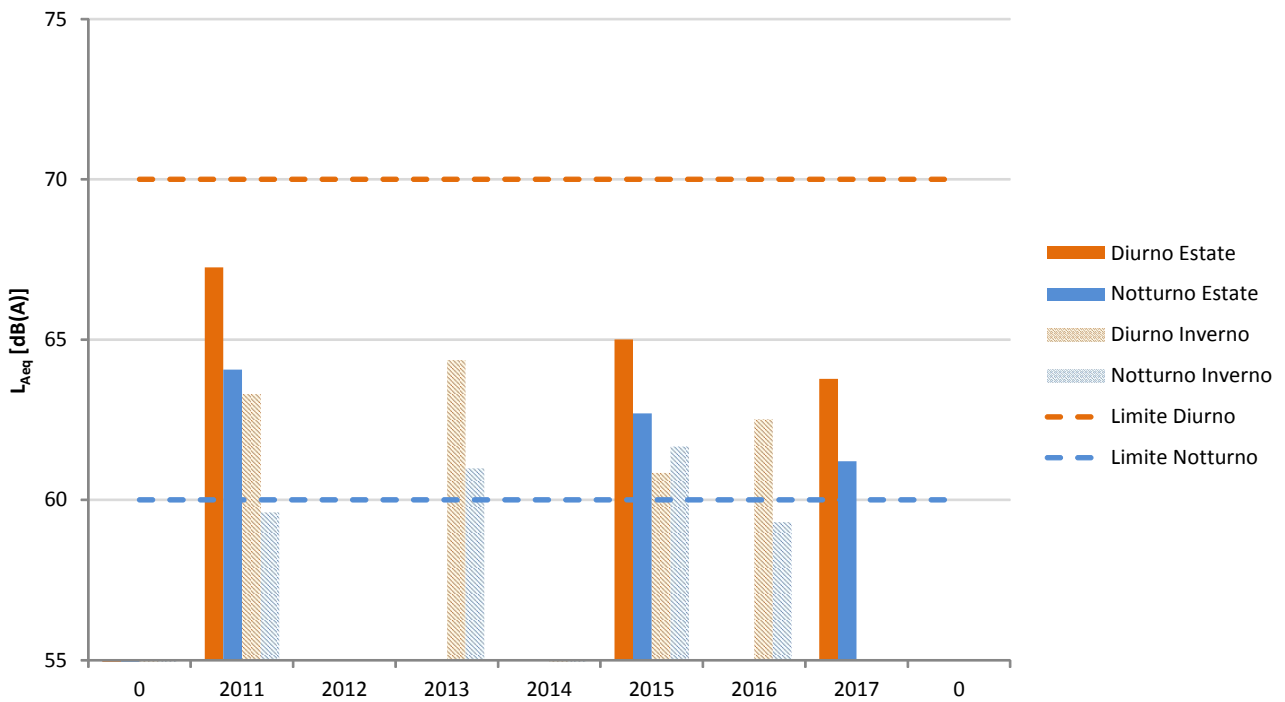


Figura 2: inquadramento del tratto autostradale della A23 in comune di Tarvisio, con indicazione del punto di misura iMonitraf!.



Quali sono i limiti di legge?

Per quanto riguarda le infrastrutture autostradali esistenti, i limiti di immissione acustica sono definiti all'art. 5 e relativa tabella 2 dell'allegato 1 del DPR 30 marzo 2004, n. 142, e nella fattispecie risultano pari, all'interno di una fascia di pertinenza acustica ampia 100 metri, a 70 dB(A) in periodo diurno e a 60 dB(A) in periodo notturno. I valori di immissione stabiliti dal DPR sono verificati in corrispondenza dei punti di maggior esposizione e devono essere riferiti al solo rumore prodotto dalle infrastrutture stradali.

Essendo il traffico stradale un fenomeno avente carattere di casualità o pseudocasualità, il monitoraggio del rumore da esso prodotto deve essere eseguito per un tempo di misura non inferiore a una settimana, ritenuto un periodo adeguato a rappresentare in modo completo ed esaustivo le variazioni giornaliere dei flussi di traffico.

Le campagne di misura del traffico autostradale

Fra gli obiettivi del progetto europeo iMonitraf! per le regioni coinvolte, vi era l'elaborazione di una prospettiva comune di gestione del traffico interalpino e transalpino, in grado di superare le attuali logiche di azione impostate su misure individuali che però si ripercuotono negativamente sui volumi di traffico degli altri trafori alpini.

Vista l'importanza degli obiettivi da raggiungere, ARPA FVG, come già riportato, ha proseguito il lavoro iniziato con il progetto europeo.

I dati complessivamente disponibili sono relativi a 7 campagne di misura, 4 invernali (2011, 2013, 2015 e 2016) e 3 estive (2011, 2015 e 2017), coprendo un intervallo che va dal 2011 al 2017, con l'eccezione degli anni 2012 e 2014 in cui non si sono svolte indagini, mentre negli anni 2011 e 2015 sono state svolte 2 campagne.

Le misure fonometriche significative per una valutazione dell'evoluzione temporale del fenomeno sono state eseguite nella medesima collocazione, presso la recinzione dell'autostrada A23 in località Rutte di Camporosso nel Comune di Tarvisio (coordinate geografiche WGS84: N 46° 30' 35" – E 13° 33' 08"). Il punto risulta trovarsi a circa 30 metri lineari dal sedime autostradale (Figura 2).

Trattandosi di misure prolungate nel tempo (misure su lungo periodo), i rilievi sono stati effettuati con una strumentazione che acquisisce i dati in forma automatica e non presidiata.

Il rumore dovuto all'Aeroporto di Trieste

In tema di rumore aeroportuale, invece, le osservazioni disponibili si riferiscono all'Aeroporto di Trieste, sito nel Comune di Ronchi dei Legionari (GO), che è l'unico aereo-

porto regionale del Friuli Venezia Giulia aperto al traffico commerciale; l'infrastruttura è dotata di una pista con orientamento RWY 09-27 (est-ovest). La prossima realizzazione dell'annesso polo intermodale nell'area antistante l'attuale aerostazione consentirà lo sviluppo della connettività con le altre infrastrutture logistiche di superficie (autobus, auto e rete ferroviaria), realizzando un sistema di interscambio strategico su vasta area adeguato a supportare una futura crescita della capacità operativa dello scalo aeroportuale.

Già nella sua attuale configurazione, l'aeroporto espone le popolazioni dei comuni di Turriaco, San Pier d'Isonzo e, in misura minore, Ronchi dei Legionari alle immissioni rumorose associate agli eventi di decollo e di atterraggio, pur nel quadro di una generale conformità ai limiti di legge.

Nelle normali condizioni operative, lo scalo prevede che una parte preponderante degli eventi aeronautici avvenga con arrivi da ovest verso est e viceversa partenze da est verso ovest, fatta eccezione nel caso di movimenti concomitanti o condizioni meteo particolari (vento di bora).

La Tabella 2 propone una sintesi dei valori riscontrati sia in termini di indice di valutazione del rumore aeroportuale L_{VA} previsto dalla normativa nazionale per la specifica sorgente di rumore, che in sostanza rappresenta l'energia sonora associata al complesso dei soli eventi di origine aeronautica, sia in termini di livello sonoro medio L_{Aeq} , comprensivo di tutte le sorgenti concorrenti in un'area, calcolato sull'intero tempo di riferimento diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00).

Si può innanzitutto constatare come l'indice di valutazione del rumore aeroportuale L_{VA} si mantenga sostanzialmente stabile nel tempo e al di sotto del valore limite previsto dalla normativa italiana, valido per zone esterne all'intorno aeroportuale.

Anche i livelli sonori L_{Aeq} , che però risentono della rumorosità di tutte le sorgenti concorrenti nell'area, si dimostrano sostanzialmente stabili nel tempo, in particolare per quel che riguarda il tempo di riferimento diurno.

Limiti di legge

Il DM 31 ottobre 1997 delinea le modalità per la caratterizzazione acustica del cosiddetto "intorno aeroportuale", ossia del territorio circostante l'aeroporto il cui stato dell'ambiente è influenzato dalle attività aeroportuali, introducendo tre zone di rispetto definite sulla base del livello di valutazione del rumore aeroportuale (L_{VA}).

L'indice di valutazione del rumore aeroportuale L_{VA} si mantiene al di sotto del valore limite previsto dalla legge

AGENTI FISICI

Per tali zone, da un lato sono stabilite le attività consentite con riguardo alla pianificazione urbanistica, dall'altro si fissano i limiti dell'indice L_{VA} (Tabella 3).

Per le postazioni di misura eventualmente collocate al di fuori dell'intorno aeroportuale, oltre alla verifica del rispetto dei limiti dell'infrastruttura al di fuori delle fasce di pertinenza (ISPRA, 2013), è possibile il confronto con i limiti assoluti di immissione introdotti dalla zonizzazione acustica del territorio comunale (Tabella 4), espressi in termini di livello equivalente di pressione sonora nei tempi di riferimento diurno e notturno ($L_{Aeq,TR}$).

A livello normativo europeo d'altro canto sono stati introdotti, con la Direttiva 2002/49/CE che dovrà essere recepita anche dallo Stato italiano, il descrittore acustico giorno-sera-notte L_{den} usato per qualificare il disturbo legato all'esposizione al rumore e il descrittore acustico notturno L_{night} relativo ai disturbi del sonno; le raccomandazioni dell'OMS sull'esposizione a rumore stabiliscono che, a tutela della salute della popolazione, nelle aree residenziali non debbano verificarsi valori dei descrittori acustici L_{den} superiori a 55 dB(A) e L_{night} superiori a 40 dB(A) (WHO Regional Office for Europe, 2009).

Come ARPA FVG misura il rumore dell'aeroporto di Trieste

ARPA FVG ha scelto un punto di monitoraggio rappresentativo posto al di fuori delle zone A, B e C dell'intorno aeroportuale, presso un'area del Comune di Turriaco inserita sotto il profilo acustico in classe III dal PCCA, non significativamente influenzata dalla rumorosità di altre infrastrutture e/o attività umane.

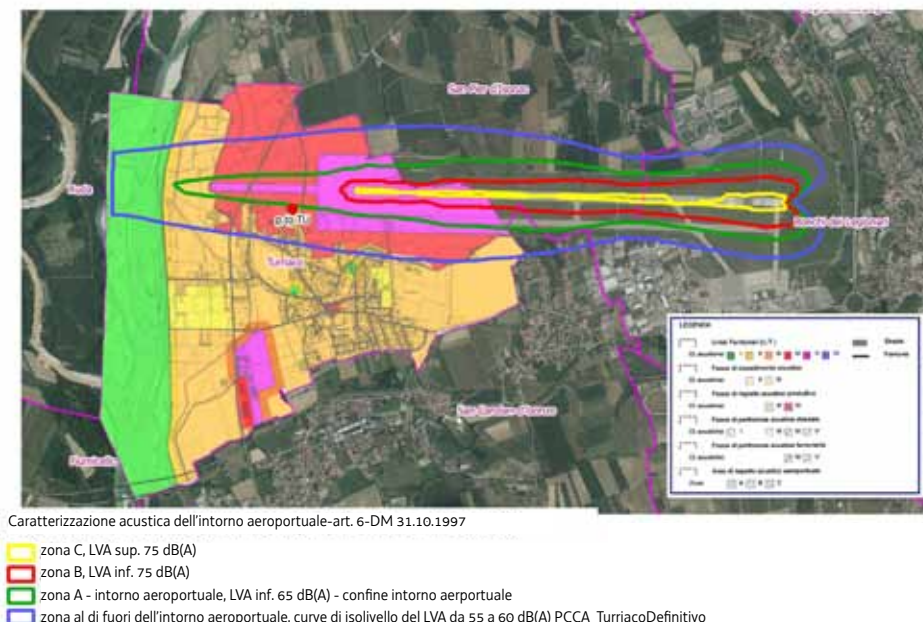
La postazione di misura risulta comunque situata nella posizione più vicina alle proiezioni al suolo delle rotte di avvicinamento e di allontanamento degli aeromobili, compatibilmente con i vincoli di sicurezza dei movimenti aeronautici (coordinate geografiche WGS84: N 45° 49' 36,2" - E 13° 26' 32,8") (Figura 3).

Le misure hanno previsto il riconoscimento di ogni singolo evento di origine aeronautica sulla base delle indicazioni (database) fornite da ENAV, incrociate con quelle trasmesse dal gestore dell'aeroporto, nonché coi tracciati delle storie temporali del rilevamento e/o delle registrazioni audio degli eventi. Sono stati così determinati gli archi di tempo all'interno dei quali, al verificarsi di ogni evento, è stato calcolato il SEL (Sound Exposure Level, p.to 4 - allegato B del DM 31 ottobre 1997), parametro da cui poi è stato possibile determinare l'indice di valutazione del rumore aeroportuale L_{VA} dell'intero periodo di misura.

Nell'attività di monitoraggio sono stati inclusi i numerosi eventi associati al decollo, atterraggio, sorvolo o "touch&go" eseguiti da parte di velivoli turistici, anche in addestramento, come pure le eventuali operazioni di prova motori. Inoltre sono state trattate nel calcolo del SEL le fasi di rullaggio in pista e di attivazione della modalità "reverse" dei motori dopo l'atterraggio, ove riconoscibili.

Sono stati invece eliminati gli eventi sonori legati allo svolgimento di attività aeree di emergenza, pubblica sicurezza, soccorso e protezione civile, espressamente escluse dal campo di applicazione del DM 31 ottobre 1997, così come pure è stato fatto per gli eventuali eventi aeronautici di origine militare.

Figura 3: inquadramento dell'area aeroportuale, con riportata la classificazione acustica del territorio del comune di Turriaco e la caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale.



Per quel che concerne i limiti imposti dalla classificazione acustica del territorio comunale, i risultati ottenuti e sotto rappresentati (Tabella 2) non consentono di stabilire, tenuto conto dell'incertezza di misura associata, la conformità certa al valore limite assoluto di immissione. Va rilevato che il valore riscontrato nel tempo di riferimento notturno nel corso dell'ultima campagna di misura, parti-

colarmemente elevato, è stato determinato dalla presenza occasionale di voli di emergenza/soccorso avvenuti proprio in quel periodo.

ARPA FVG è componente della commissione ambientale dell'aeroporto di Trieste istituita ai sensi dell'art. 5 del DM 31 ottobre 1997, in seno alla quale ha fornito il proprio contributo per la definizione di procedure di decollo e

Tabella 2: sintesi dei risultati ottenuti nell'ambito del monitoraggio acustico del rumore aeroportuale, sia in termini di indice di valutazione del rumore aeroportuale L_{VA} previsto dalla normativa nazionale per la specifica sorgente di rumore, che in sostanza rappresenta l'energia sonora associata al complesso dei soli eventi di origine aeronautica, sia in termini di livello sonoro medio L_{Aeq} , comprensivo di tutte le sorgenti concorrenti in un'area, calcolato sull'intero tempo di riferimento diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00). L'incertezza, riportata laddove disponibile, è espressa come incertezza estesa: livello di fiducia del 95%, fattore di copertura $k = 2,2$.

Campagna di misura (1 settimana)	L_{VA} (valore settimanale)		L_{Aeq} (valore max nella settimana)*		
	L_{VA} [dB(A)]	Incertezza [dB(A)]	T_R diurno [dB(A)]	T_R notturno [dB(A)]	Incertezza [dB(A)]
aprile 2007	56,7	---	59,5	52,0	---
marzo 2012	55,0	---	---	---	---
maggio 2012	56,3	±1,8	59,5**	49,0	±1,7
ottobre 2014	56,2	±1,6	59,0	51,5	±1,5
settembre 2015	56,6	±1,6***	59,5	50,5	±1,5
ottobre 2016	57,0	±1,8	59,0	54,0	±1,8

* I valori di L_{Aeq} , come previsto al p.to 3 - all. B al DM 16 marzo 1998, sono arrotondati a 0,5 dB.

** Valore ricavato escludendo gli eventi aeronautici di origine militare (nel caso in cui si considerassero tali eventi, il valore del L_{Aeq} nello stesso T_R risulterebbe pari a 64,5 dB(A).

*** Valore stimato mediante misura di un'unica giornata.

Tabella 3: sintesi delle disposizioni di cui all'art. 6 del DM 31 ottobre 1997 - caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale.

ZONA (art. 6 DM 31.10.1997)	Indice L_{VA}	Attività consentita
A	Non può superare il valore di 65 dB(A)	Nessuna limitazione
B	Non può superare il valore di 75 dB(A)	Attività agricole e di allevamento, attività industriali, uffici e servizi con adeguate misure di isolamento acustico
C	Può superare il valore di 75 dB(A)	Attività funzionalmente connesse all'aeroporto
al di fuori delle zone A, B, C	Non può superare il valore di 60 dB(A)	-

Tabella 4: sintesi dei limiti introdotti dal Piano comunale di classificazione acustica di cui al DPCM 14 novembre 1997, applicabili per la valutazione del rumore esistente, con il concorso delle sorgenti di origine aeronautica, nelle zone esterne all'intorno aeroportuale.

Classificazione del territorio comunale	Valori limite assoluti di immissioni L_{eq} dB(A)	
	T_R diurno (06.00 - 22.00)	T_R notturno (22.00 - 06.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

atterraggio atte a limitare l'impatto acustico sugli abitati contermini l'intorno aeroportuale. Il documento fa parte delle più generali procedure antirumore adottate dallo scalo e pubblicate sul volume AIP-Italia messo a disposizione dall'ENAV.

Tali procedure, fra l'altro, mirano all'ottimizzazione delle traiettorie di decollo e atterraggio allo scopo di ridurre l'impatto acustico sui ricettori più esposti, evitando in particolare il sorvolo dell'abitato di Turriaco, e definiscono un corridoio di dispersione attorno alla rotta nominale all'interno del quale sono consentiti gli effettivi movimenti di allontanamento/avvicinamento, tenuto anche conto del profilo di salita/discesa tenuto dall'aeromobile.

In attesa dell'installazione di una rete fissa di monitoraggio del rumore prodotto dagli eventi aeroportuali (come disposto dal DPR 11 dicembre 1997, n. 496), il gestore dell'Aeroporto di Trieste ha affidato ad ARPA FVG l'esecuzione periodica, con cadenza biennale, di campagne di misura volte a verificare l'adeguatezza nel tempo del modello matematico di simulazione dell'impronta al suolo del rumore aeronautico nelle aree esterne al sedime aeroportuale.

In questo contesto, la Struttura Rumore e vibrazioni di ARPA FVG, a oggi unico Laboratorio in Italia accreditato ISO 17025 (LAB. n. 1306) per le misure del rumore aeroportuale, ha eseguito puntualmente dei rilievi fonometrici, della durata almeno settimanale, per ogni biennio a partire dall'anno 2012.

Quali sono le prospettive future?

Per quel che concerne il **rumore stradale**, in prospettiva futura, a fronte di elementi senz'altro positivi in relazione alle emissioni acustiche quali un progressivo rinnovamento del parco veicoli circolante accompagnato da una più sensibile attenzione nell'attuare azioni di mitigazione dell'impatto, vi sono aspetti di preoccupazione legati all'incremento dei volumi di traffico e all'evoluzione delle esigenze del mercato di scambio delle merci nell'assetto attuale delle infrastrutture di trasporto regionale, in un contesto internazionale che prevede obiettivi sempre più ambiziosi nell'ottica di tutela dell'ambiente e della salute pubblica.

Con riguardo al monitoraggio del rumore stradale transfrontaliero lungo l'autostrada A23, le attività già avviate col progetto iMonitraf! e poi proseguite dall'Agenzia di iniziativa hanno dimostrato l'interesse a mantenere il presidio di misura, e suggeriscono l'opportunità di essere proseguite auspicabilmente con frequenza sempre semestrale (estate/inverno). Un aspetto meritevole di futuro approfondimento è il raffronto dei dati di rumore con i flussi e la composizione reali del traffico durante la campagna di misura.

Va ricordato in ogni caso come la L. 447/95, all'art. 10 comma 5, stabilisca che le società e gli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, ivi comprese le autostrade, nel caso di superamento dei valori limite, hanno l'obbligo di predisporre e presentare al Comune un Piano di contenimento e abbattimento del rumore (PCAR) e Piani d'azione.

Nel caso del **rumore aeroportuale**, i risultati delle analisi, degni di attenzione per le opportune valutazioni sia in sede di Commissione Ambiente dell'aeroporto sia da parte dell'autorità amministrativa comunale interessata, consentono, fra l'altro, di monitorare nel tempo la congruità del modello matematico di simulazione del rumore già approvato e di stabilire se vi siano criticità rispetto alla zonizzazione acustica dell'intorno aeroportuale. Anche in vista di un prossimo significativo sviluppo dello scalo aeroportuale e in attesa di definire la realizzazione di un impianto fisso di monitoraggio del rumore ambientale comprensivo delle tracce radar per la verifica delle procedure anti-rumore, appare importante che l'attività di misura del rumore aeroportuale sia mantenuta, con le attuali modalità, quale riferimento nel tempo.

Bibliografia

EASA, EEA, EUROCONTROL, 2016, *European Aviation Environmental Report 2016*.

Ancona C., Golini M.N., Mataloni F., Camerino D., Chiusolo M., Licitra G., Ottino M., Pisani S., Cestari L., Vigotti M.A., Davoli M., Forastiere F., 2014, *Valutazione dell'impatto del rumore aeroportuale sulla salute della popolazione residente nelle vicinanze di sei aeroporti italiani*, in «Epidemiol Prev», 38 (3-4), 227-236.

ISPRA, 2013, *Linee Guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale*, Rapporto ISPRA 102/2013, Roma, Italia.

WHO Regional Office for Europe, 2009, *Night Noise Guidelines for Europe*, Copenhagen, Denmark.