



# COSTRUIAMO **SALUTE**

IL PIANO DELLA PREVENZIONE 2021-2025  
DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA





# Piano Regionale della Prevenzione 2021-2025

## La prevenzione del rischio cancerogeno da esposizione a gas di scarico diesel nelle autofficine



La misurazione del carbonio elementare all'interno delle autofficine: materiali e metodi



**Dr.ssa Patrizia Ferdenzi Azienda USL di Reggio Emilia**  
**Gruppo regionale Agenti cancerogeni**  
**Bologna 12 giugno 2025**





## La misura dell'esposizione ad agenti cancerogeni, mutageni, tossici per il ciclo riproduttivo

### Art. 235 comma 3

L'esposizione **non deve comunque superare il valore limite** dell'agente stabilito nell'*ALLEGATO XLIII*

### Art. 236 comma 1

[Il datore di lavoro...] **effettua** una valutazione dell'esposizione .....

### Art. 236 comma 2

Detta valutazione tiene conto .... della loro **concentrazione**, ....

### Art. 237 comma 1, lettera d)

[Il datore di lavoro...] provvede alla **misurazione di agenti cancerogeni** per verificare l'efficacia delle misure per evitarne o limitarne la dispersione nell'aria e per individuare precocemente le esposizioni anomale causate da un evento non prevedibile o da un incidente, con metodi di campionatura e di misurazione conformi alle indicazioni dell'*ALLEGATO XLI* del presente decreto legislativo;

#### Articolo 235 - SOSTITUZIONE E RIDUZIONE

3. Se il ricorso ad un sistema chiuso non è tecnicamente possibile il datore di lavoro provvede affinché IL LIVELLO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI SIA RIDOTTO AL PIÙ BASSO VALORE TECNICAMENTE POSSIBILE. L'esposizione non deve comunque superare il valore limite dell'agente stabilito nell'*ALLEGATO XLIII*.





## Per misurare l'esposizione bisogna:

Identificazione degli inquinanti e dei valori limite di esposizione professionale

Pianificare e mettere a punto una strategia di campionamento e analisi

Stimare l'esposizione personale dei lavoratori

Confrontare l'esposizione misurata con i valori limite





## Identificazione degli agenti cancerogeni nelle autofficine: emissioni gas di scarico motori diesel

### ALLEGATO XLII ELENCO DI SOSTANZE, MISCELE E PROCESSI<sup>40</sup>

1. Produzione di auramina con il metodo Michler.
2. I lavori che espongono agli idrocarburi policiclici aromatici presenti nella fuliggine, nel catrame e nella pece di carbone.
3. Lavori che espongono alle polveri, fumi e nebbie prodotti durante il raffinamento del nichel a temperature elevate.
4. Processo agli acidi forti nella fabbricazione di alcool isopropilico.
5. Il lavoro comportante l'esposizione a polveri di legno duro.
6. Lavori comportanti esposizione a polvere di silice cristallina respirabile, generata da un procedimento di lavorazione.
7. Lavori comportanti penetrazione cutanea degli oli minerali precedentemente usati nei motori a combustione interna per lubrificare e raffreddare le parti mobili all'interno del motore;
8. Lavori comportanti l'esposizione alle emissioni di gas di scarico dei motori diesel.







## Identificazione del valore limite per la misura dell'esposizione nelle autofficine

### ALLEGATO XLIII VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE PROFESSIONALE<sup>28</sup>

NOME AGENTE	N. CE <sup>(1)</sup>	N. CAS <sup>(2)</sup>	Valori limite						Osservazioni	Misure transitorie
			8 ore <sup>(3)</sup>			Breve durata <sup>(4)</sup>				
			mg/m³ <sup>(5)</sup>	ppm <sup>(6)</sup>	f/ml <sup>(7)</sup>	mg/m³ <sup>(5)</sup>	ppm <sup>(6)</sup>	f/ml <sup>(7)</sup>		
Emissioni di gas di scarico dei motori diesel			0,05 <sup>(11)</sup>							Il valore limite si applica a decorrere dal 21 febbraio 2023. Per le attività minerarie sotterranee e la costruzione di gallerie, il valore limite si applica a decorrere dal 21 febbraio 2026.

(11) Misurate sotto forma di carbonio elementare.



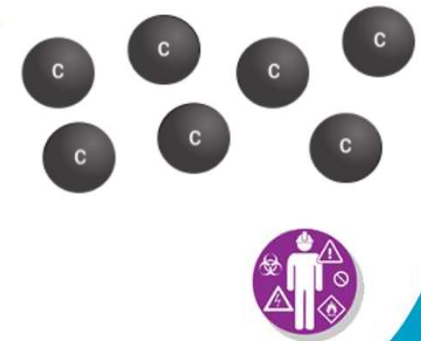


## Il «tracciante» per la misura dell'esposizione nelle autofficine

Per **Carbonio Elementare (EC)** si intende formalmente come la frazione del particolato atmosferico che contiene solo carbonio, non legato ad altri elementi: è un inquinante primario in quanto emesso direttamente dalla sorgente come conseguenza di una combustione incompleta.

Tale frazione carboniosa è termicamente stabile in atmosfera inerte fino a temperature superiori a 3500°C.

**E' contenuto nel particolato composto principalmente da particelle fini ( $< 2,5 \mu\text{m}$ ) e ultrafini ( $< 0,1 \mu\text{m}$ )**



# Il CE è un inquinante primario ubiquitario

La frazione carboniosa del particolato atmosferico deriva da diverse fonti:

- traffico
- riscaldamento residenziale
- attività industriali
- produzione di energia
- sorgenti naturali....



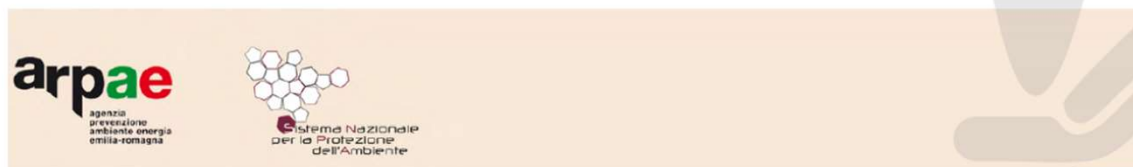
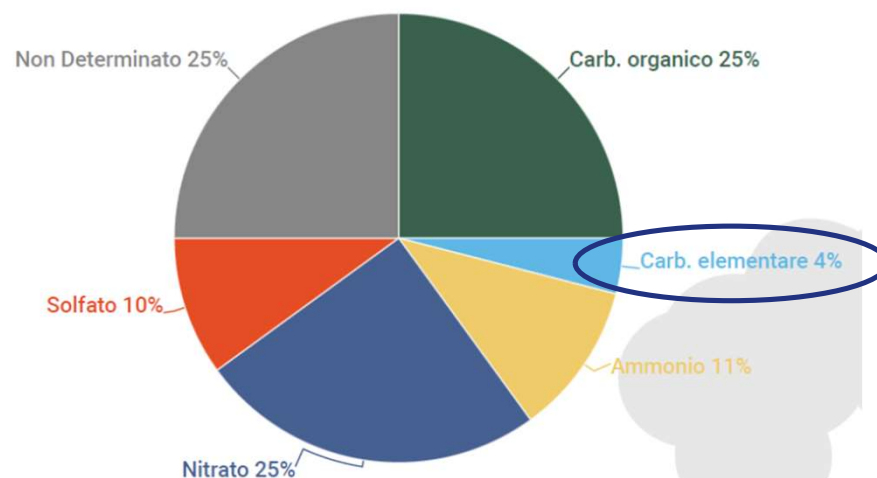
Allo stato attuale non esistono valori di riferimento per la popolazione generale

## Prevenzione rischio cancerogeno professionale – PP8

### 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

#### 2.3. Composizione percentuale del PM2.5 nel 2024

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM2.5 nella stazione di Bologna Gobetti  
I numeri riportati sono approssimati all'unità



<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria/report-aria/specie-chimiche-particolato/report-specie-chimiche-pm2-5-anno-2024>



Specie chimiche  
nel particolato (PM2.5)  
in atmosfera



arpae  
agenzia  
regionale  
ambiente  
emilia-romagna

Ministero Nazionale  
dell'Ambiente

Anno 2024  
(1 gennaio 2024 - 31 dicembre 2024)



Prevenzione rischio cancerogeno professionale – PP8

## Il CE ha un andamento stagionale

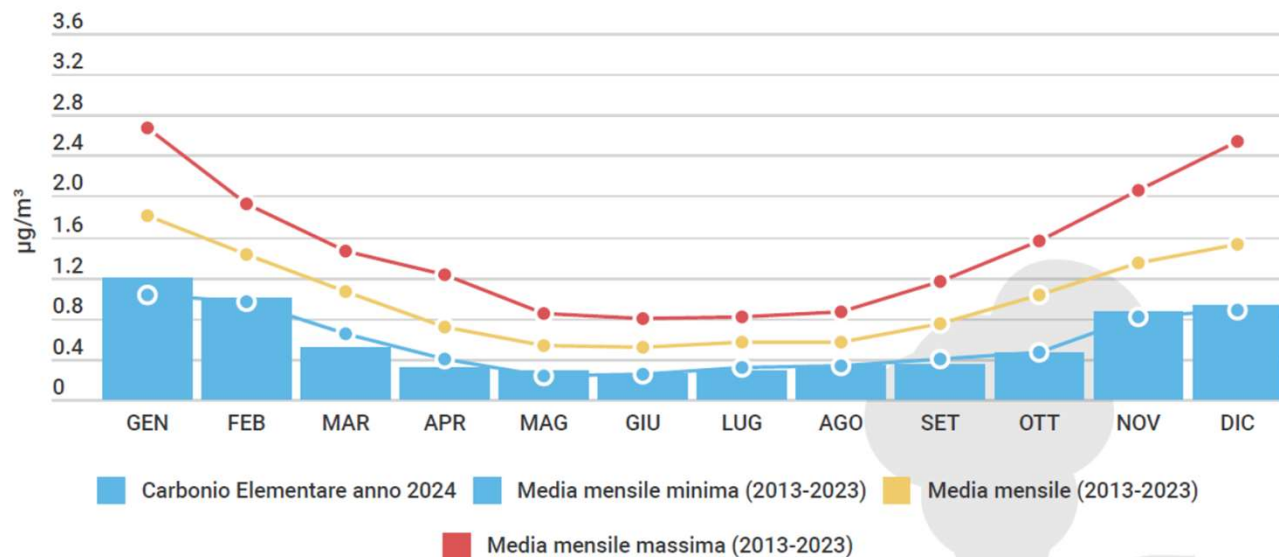


### 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

2.5. Confronto con gli anni precedenti

#### 2.5.3. Carbonio elementare

Stazione di Bologna Gobetti, anno 2024

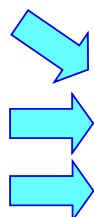




# Pianificazione e conduzione di un'indagine Predisposizione e preparazione delle attrezzature di campionamento

ALLEGATO XLI  
METODICHE STANDARDIZZATE DI MISURAZIONE DEGLI AGENTI

## ALLEGATO XLI METODICHE STANDARDIZZATE DI MISURAZIONE DEGLI AGENTI



UNI EN 481:1994	Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse.
UNI EN 482:1998	Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici.
UNI EN 689:1997	Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione.
UNI EN 838:1998	Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Campionatori diffusivi per la determinazione di gas e vapori. Requisiti e metodi di prova.
UNI EN 1076:1999	Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Tubi di assorbimento mediante pompaggio per la determinazione di gas e vapori. Requisiti e metodi di prova.
UNI EN 1231:1999	Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Sistemi di misurazione di breve durata con tubo di rivelazione. Requisiti e metodi di prova.
UNI EN 1232:1999	Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Pompe per il campionamento personale di agenti chimici. Requisiti e metodi di prova.
UNI EN 1540:2001	Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Terminologia.
UNI EN 12919:2001	Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Pompe per il campionamento di agenti chimici con portate maggiori di 5 l/min. Requisiti e metodi di prova.

UNI EN 689:2019



**Almeno 3  
misurazioni**





# Pianificazione e conduzione di un'indagine Scelta metodo di campionamento e analisi

Principale metodo di riferimento:

## NIOSH 5040: 2016 DIESEL PARTICULATE MATTER (as ELEMENTAL CARBON)

Promoting productive workplaces  
through safety and health research



*The National Institute for Occupational Safety and Health*

Prevenzione rischio cancerogeno professionale – PP8



### DIESEL PARTICULATE MATTER (as Elemental Carbon)

5040

C MW: 12.01 CAS: none RTECS: none

METHOD: 5040, Issue 4 EVALUATION: FULL Issue 1: 15 May 1996  
Issue 2: 10 March 2016

OSHA: None PROPERTIES: nonvolatile solid  
NIOSH: None

SYNONYMS: diesel particulate matter, diesel exhaust, diesel soot, diesel emissions

SAMPLING		MEASUREMENT
<b>SAMPLER:</b>	FILTER: quartz-fiber, 37-mm or 25-mm; size-selective sampler may be required [1]	<b>TECHNIQUE:</b> Thermal-optical analysis; flame ionization detector (FID)
<b>FLOW RATE:</b>	2 to 4 L/min (typical)	<b>ANALYTE:</b> Elemental carbon (EC). Total carbon is determined, but an EC exposure marker was proposed. See [1] for details.
<b>VOL-MIN:</b>	142 L @ 40 µg/m <sup>3</sup>	<b>FILTER</b>
<b>-MAX:</b>	19 m <sup>3</sup> (for filter load of ~ 90 µg/cm <sup>2</sup> )	<b>PUNCH SIZE:</b> 1.5 cm <sup>2</sup> (or other [1])
<b>SHIPMENT:</b>	Routine.	<b>CALIBRATION:</b> Methane injection
<b>SAMPLE</b>		<b>RANGE:</b> 1 to 105 µg per filter portion (See also [1].)
<b>STABILITY:</b>	Stable.	<b>ESTIMATED LOD:</b> 0.3 µg per filter portion
<b>BLANKS:</b>	2 to 10 field blanks per set	<b>PRECISION (<math>\bar{S}_r</math>):</b> 0.19 @ 1 µg C, 0.01 @ 10 to 72 µg C
ACCURACY		
<b>RANGE</b>		
<b>STUDIED:</b>	23 to 240 µg/m <sup>3</sup> (See also ref. [1].)	
<b>BIAS:</b>	None (See also ref. [1].)	
<b>OVERALL</b>		
<b>PRECISION (<math>\bar{S}_r</math>):</b>	0.07	
<b>ACCURACY:</b>	± 16.7% at 23 µg/m <sup>3</sup> (See also ref. [1].)	

**APPLICABILITY:** The working range is approximately 6 to 630 µg/m<sup>3</sup>, with an LOD of ~ 2 µg/m<sup>3</sup> for a 960-L air sample collected on a 37-mm filter with a 1.5 cm<sup>2</sup> punch from the sample filter. If a lower LOD is desired, a larger sample volume and/or 25-mm filter may be used (e.g., a 1920-L sample on 25-mm filter gives an LOD of 0.4 µg/m<sup>3</sup>). The split between organic carbon (OC) and EC may be inaccurate if the sample transmittance is too low. The EC loading at which this occurs depends on laser intensity. In general, the OC-EC split may be inaccurate when EC loadings are above 20 µg/cm<sup>2</sup>. High loadings can give low (and variable) EC results because the transmittance remains low and relatively constant until some of the EC is oxidized. The split should be reassigned (prior to EC peak) in such cases [2]. An upper EC limit of 800 µg/m<sup>3</sup> (90 µg/cm<sup>2</sup>) can be determined. Low EC loadings (e.g., near the LOD) also may require a manual split to improve accuracy [1].

**INTERFERENCES:** Total carbon (as OC and EC) is determined by the method, but EC was recommended as a measure of workplace exposure because OC interferences may be present [1,2]. Cigarette smoke and carbonates ordinarily do not interfere in the EC determination. Less than 1% of the carbon in cigarette smoke is elemental. If heavy loadings of carbonate or organic dusts are anticipated, a size-selective sampler (impactor and/or cyclone) should be used [1]. For measurement of diesel-source EC in coal mines, a cyclone and impactor with a submicrometer cutpoint are required to minimize collection of coal dust. A cyclone and/or impactor may be necessary in other workplaces if EC-containing dusts are present.

**OTHER METHODS:** Other methods for determination of EC and OC have been employed, but these are not equivalent to the method described herein. Information on other methods is summarized elsewhere [1]. The method procedures are unchanged from the 4th edition supplement to NMAM, but the corresponding diesel guidance chapter was updated for the 5th edition.



## Elementi essenziali del metodo di campionamento e analisi dei fumi diesel

- Filtri in quarzo del diametro di 25 mm (da alloggiare in apposita testa di campionamento)
- Flusso di campionamento  $\sim 3$  L/min con pompe portatili
- Metodo di analisi THERMAL-OPTICAL ANALYSER che permette di determinare il CE separatamente dal Carbonio Organico e non subirebbe interferenze dal fumo di sigaretta
- Per garantire un buon Limite di Rivelabilità (circa  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) deve essere campionato più di  $1 \text{ m}^3$  di aria con campionamenti di circa 8 h quindi è necessario effettuare campionamenti lunghi che coprano l'intero turno di lavoro







## Elementi essenziali del metodo di campionamento e analisi dei fumi diesel

Perché un campionamento sia rappresentativo, è necessario utilizzare  
DISPOSITIVI DI CAMPIONAMENTO PERSONALI



I campionatori vanno indossati dal  
lavoratore **all'interno della zona di  
respirazione**

Testa di campionamento  
con filtro

Pompa portatile

Data la variabilità spaziale della concentrazione degli agenti chimici nelle atmosfere dei luoghi di lavoro, il campionamento statico è generalmente meno rappresentativo dell'esposizione del lavoratore, quindi non si utilizza per misurare l'esposizione professionale.





## Pianificazione e conduzione di un'indagine Esame dei fattori del lavoro che possono determinare l'esposizione inalatoria a CE

- ✓ Tipologia di attività (riparazione e prove motori, controllo e analisi dei fumi di scarico, revisione autovetture...);
- ✓ movimentazione dei veicoli all'interno dei locali/ambienti di lavoro, tipo di ingressi/uscite autoveicoli;
- ✓ ambiente di lavoro (ubicazione, superficie, aree di lavoro chiuse o isolate, presenza di portoni o aperture per la ventilazione naturale);
- ✓ sistemi di aspirazione (impianti fissi, portatili...);
- ✓ comportamenti del lavoratore.

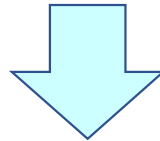






## Pianificazione e conduzione di un'indagine Definizione dei gruppi di lavoratori con esposizione simile da campionare

Gruppi di esposizione simile (SEG), ovvero i gruppi di lavoratori aventi lo stesso profilo di esposizione a causa della similarità e della frequenza delle operazioni effettuate, dei materiali e dei processi con cui lavorano.



- addetti ad interventi sul motore (operazioni di manutenzione /riparazione motori autoveicoli)
- addetti alle operazioni di controllo/analisi fumi (revisione motori)





## Stima dell'esposizione personale e confronto con il valore limite di esposizione professionale OELV

### TEST PRELIMINARE

da 3 a 5 misurazioni dell'esposizione su lavoratori appartenenti a un unico SEG

#### Compliance

Se tutti i risultati sono al di sotto di:

**10% OELV (riferito a 3 misure)**

**15% OELV (riferito a 4 misure)**

**20% OELV (riferito a 5 misure)**

#### Non-Compliance

Se anche solo 1 valore

**> OELV**

#### NO-decision

Se tutti i risultati sono inferiori all'OELV ma un risultato è sopra a:

**10% OELV (riferito a 3 misure)**

**15% OELV (riferito a 4 misure)**

**20% OELV (riferito a 5 misure)**

OELV =  $0.05 \text{ mg/m}^3$   
carbonio elementare

**Numero delle misure deve essere incrementato (almeno fino a 6) per poter applicare il test statistico basato sul calcolo dell'intervallo di confidenza della probabilità di superare l'OELV**



## La stima dell'esposizione personale permette di:

**VERIFICARE RISPETTO  
DEL VALORE LIMITE**

**INDIVIDUARE LAVORATORI  
ESPOSTI E  
POTENZIALMENTE ESPOSTI**

**Verificare una possibile  
esposizione anomala,  
incidentale o non prevedibile**

**VERIFICARE EFFICACIA  
DELLE MISURE  
PREVENTIVE E PROTETTIVE  
ADOTTATE**



## Resoconto delle misurazioni



Come previsto dalla norma UNI EN 689/2019 per ogni valutazione dell'esposizione lavorativa e per ogni misurazione dovrà essere redatto un report contenente tutte le informazioni sulla strategia/modalità di campionamento, i risultati e qualsiasi indicazione utile all'interpretazione dei dati


- ✓ Nome del tecnico e dell'azienda
- ✓ Finalità della valutazione
- ✓ Nomi degli agenti chimici considerati
- ✓ Denominazione e indirizzo delle sedi
- ✓ Descrizione dei fattori del posto di lavoro e delle condizioni di lavoro
- ✓ Osservazioni fatte durante il campionamento
- ✓ Risultati e conclusioni della caratterizzazione di base
- ✓ Procedure di misura, equipaggiamento e rispetto dei requisiti norma UNI EN 482
- ✓ Tempistiche di campionamento (data, ora inizio e fine campionamento)
- ✓ Concentrazioni di esposizione
- ✓ Dettagli sulla Quality assurance
- ✓ Identificazione chiara dei risultati
- ✓ Risultati della comparazione con valore limite



## Gli agenti cancerogeni nelle autofficine: un ulteriore aspetto da considerare – oli minerali usati nei motori

### ALLEGATO XLII

«7. Lavori comportanti penetrazione cutanea degli oli minerali precedentemente usati nei motori a combustione interna per lubrificare e raffreddare le parti mobili all'interno del motore.»

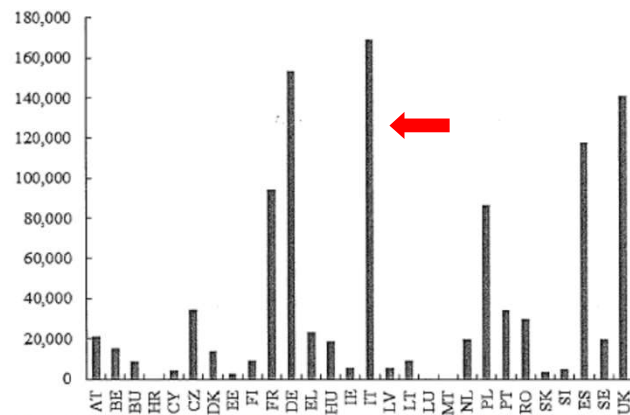
NOME AGENTE	N. CE (1)	N. CAS (2)	Valori limite						Osservazioni	Misure transitorie
			8 ore (3)			Breve durata (4)				
			mg/m³ (5)	ppm (6)	f/ml (7)	mg/m³ (5)	ppm (6)	f/ml (7)		
precedentemente usati nei motori a erna per lubrificare e raffreddare l'interno del motore									Pelle (10)	 <b>Adegua in parti</b>

Oli **minerali** precedentemente usati nei motori a combustione interna per lubrificare e raffreddare le parti mobili all'interno del motore

**Adeguata gestione dei DPI, in particolare quelli per la cute**

17.7 Mineral Oils as Used Engine Oils

Figure 14 – Mineral Oils as Used Engine Oils - Number of exposed workers



Il significativo assorbimento attraverso la pelle è uno dei motivi per cui gli oli minerali precedentemente usati nei motori sono stati inseriti nella Direttiva, ma non solo.

**“Inserendo questa PGS (sostanza generata da processi) nella direttiva, si obbliga i datori di lavoro ad effettuare comunque una valutazione dei rischi approfondita e a mettere in atto le misure di prevenzione e protezione.”**

Tratto da: Commission staff working document IMPACT ASSESSMENT REPORT - 10-01-2017





# COSTRUIAMO SALUTE

IL PIANO DELLA PREVENZIONE 2021-2025  
DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

**Grazie per l'attenzione**  
**patrizia.ferdenzi@ausl.re.it**

