

TESINA DI
FISICA GENERALE II

ANNO SCOLASTICO 1998/99

INQUINAMENTO
ELETTROMAGNETICO

A CURA DI

Raffaello Curtatone

e

Pablo Bernardi

INDICE

PARTE PRIMA - CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO

- CAMPO MAGNETICO E IL SUO FLUSSO
- CAMPI DI FORZA
- FREQUENZA DEL CAMPO MAGNETICO
- CAMPO ELETTRICO
- ONDE ELETTROMAGNETICHE
- QUALI ELEMENTI GENERANO CAMPI ELETTROMAGNETICI
- COSA DICONO LE LEGGI AL RIGUARDO
- RINGRAZIAMENTI E SALUTI
- FONTI DI RIFERIMENTO UTILIZZATE

PARTE SECONDA - INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO A FREQUENZA INDUSTRIALE

- QUALI ELEMENTI LO GENERANO E PERCHE'
- LINEE ELETTRICHE AD ALTA TENSIONE: TRALICCI
- QUALI SONO I PRINCIPALI DISTURBI E LE CAUSE
- QUAL'E' LA PERCEZIONE DI RISCHIO DA PARTE DEI CITTADINI
- CI SONO RIMEDI O SOLUZIONI AL PROBLEMA
- NORME DI CAUTELA PERSONALE
- DIMINUZIONE DI CAMPO ELETTRICO IN AMBIENTE DOMESTICO
- CONCLUSIONI

PARTE TERZA - INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO AD ALTA FREQUENZA

- CAMPI ELETTROMAGNETICI AD ALTA FREQUENZA
- QUALI ELEMENTI LI GENERANO E PERCHE'
- CAMPI ELETTROMAGNETICI IN AMBIENTI OSPEDALIERI
- ROENTGEN DIAGNOSTICA
- DIAGNOSTICA FLUOROSCOPICA
- PRECAUZIONI PER L'OPERATORE ED IL PAZIENTE
- FATTORI CHE INFLUENZANO SULLA DOSE AL PAZIENTE
- QUALI SONO I PRINCIPALI DISTURBI E LE CAUSE
- QUAL'E' LA PERCEZIONE DEL RISCHIO DA PARTE DEI CITTADINI
- CI SONO DEI RIMEDI O SOLUZIONI AL PROBLEMA
- SUGGERIMENTI PER LE DECISIONI PUBBLICHE
- PRECAUZIONI PERSONALI
- CRITERI DI INSTALLAZIONE
- SUGGERIMENTI UTILI
- CONCLUSIONI

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

Cos'è il campo magnetico ed il suo flusso

"induzione magnetica (B) e campo magnetico (H)": si definisce campo magnetico una regione dello spazio entro la quale si risente l'effetto di azioni magnetiche, ovvero le linee di forza del campo magnetico (convenzionalmente dirette da nord a sud). Nell'ambito della trasmissione dell'energia elettrica, il campo magnetico è la risultanza della presenza di un flusso di cariche elettriche all'interno di un corpo conduttore. Tuttavia, la densità di flusso magnetico, B, comunemente chiamata induzione magnetica, è spesso usata per caratterizzare i campi magnetici, in particolare nel contesto degli effetti biologici. Il valore efficace del campo magnetico è il valore quadratico medio delle tre componenti mutuamente perpendicolari in cui si può pensare scomposto il vettore di induzione magnetica nel punto considerato, misurato in tesla (T).

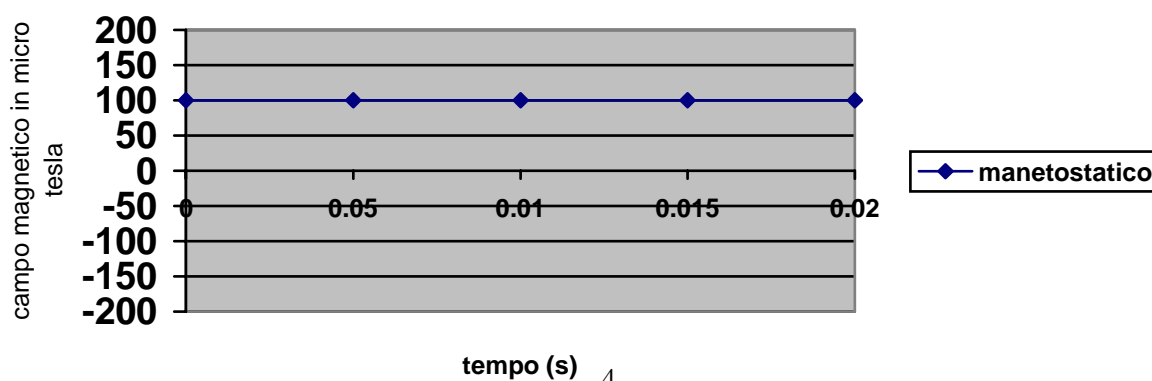
Campi di forza

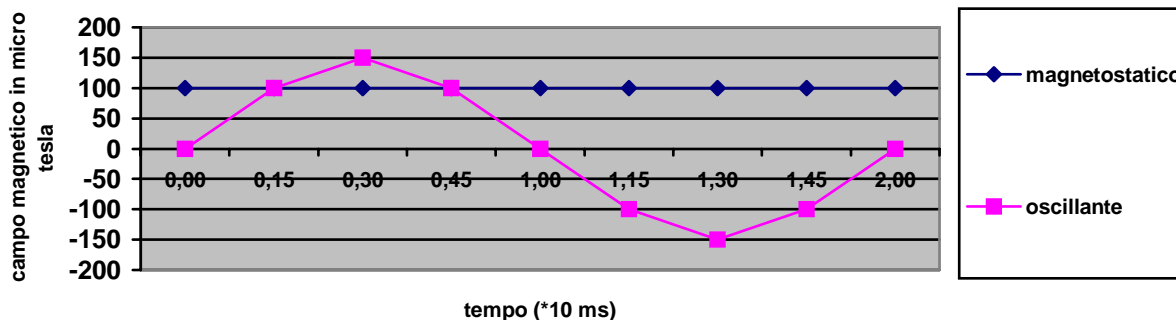
Un campo di forza, in fisica è una regione di spazio attorno ad un oggetto particolare detto "sorgente" del campo nella quale si manifestano forze su altri oggetti della stessa natura della sorgente.

	Campo gravitazionale	Campo elettrico	Campo magnetico
Generato da	Qualunque oggetto dotato di massa	Qualunque oggetto dotato di carica elettrica	Qualunque conduttore percorso da corrente elettrica
È una regione di spazio nella quale si manifestano forze che agiscono su	Altri oggetti dotati di massa	Altri oggetti dotati di carica elettrica	Altri conduttori percorsi da corrente elettrica

Che cos'è la frequenza del campo magnetico

Il campo magnetico prodotto da una corrente continua (come quella prodotta da una pila) è costante nel tempo e si dice campo magnetostatico; il campo magnetico prodotto da una corrente alternata (come quella dell'impianto domestico) varia in modo sinusoidale nel tempo e si dice campo magnetico alternato; la frequenza del campo (misurata in Hertz) indica quante volte la sinusoide si ripete ogni secondo; noi ci occuperemo unicamente di campi magnetici oscillanti a 50 Hz.





La frequenza non è una indicazione di intensità!

L'intensità di un campo magnetico si esprime attraverso il suo valore efficace, dato dall'intensità di un campo magnetico di pari contenuto energetico; si può dimostrare che esse è pari al 70% circa del suo picco massimo. Una delle caratteristiche più importanti del campo magnetico alternato è la sua capacità di provocare (indurre) correnti elettriche all'interno degli oggetti conduttori esposti, come per esempio un organismo umano.

Cos'è il campo elettrico

"campo elettrico": si definisce campo elettrico (E) una regione dello spazio nella quale si manifestano, per effetto della distribuzione di cariche elettriche, forze di natura elettrica che agiscono sui corpi elettrizzati posti all'interno del campo. Il valore efficace del campo elettrico è il valore quadratico medio delle tre componenti in cui si può pensare scomposto il vettore campo elettrico nel punto considerato, misurato in volt per metro (V/m).

COSA SONO LE ONDE ELETTROMAGNETICHE

Le onde e.m. predette prima da Maxwell e scoperte da Hertz in seguito (anno 1887) sono impiegate oggi in molti sistemi di comunicazione, quali radio, televisione e radar. Capaci di propagarsi anche nel vuoto, le onde e.m. sono generate da cariche elettriche accelerate. Le onde irradiate consistono di campi elettrici e magnetici oscillanti, perpendicolari tra loro e perpendicolari rispetto alla direzione di propagazione dell'onda. Le onde e.m. trasportano energia per cui, propagandosi nello spazio, possono trasferirla a oggetti posti sul loro cammino. Il flusso di energia di un'onda e.m. è descritto da un vettore S, noto

come vettore di Poynting, definito da: $S = \frac{1}{\mu_0} E \wedge B$. Il modulo del vettore di Poynting

rappresenta il flusso di energia che passa nell'unità di tempo attraverso l'unità di area di una superficie perpendicolare alla direzione di propagazione. Il verso di S coincide con il verso di propagazione dell'onda. Nel sistema SI le unità di misura del modulo di S sono $\frac{J}{s} \cdot m^2 = \frac{W}{m^2}$, infatti S esprime una densità di potenza. Il valore medio temporale di S

prende il nome di intensità dell'onda ed è pari a: $I = S_{med} = \frac{E_m B_m}{2\mu_0} = \frac{E_m^2}{2\mu_0 c} = \frac{c}{2\mu_0} B_m^2$ dove E_m e

B_m sono i valori massimi dei campi. La costante $\mu_0 c$ si chiama impedenza del vuoto e

vale, nel sistema SI $\mu_0 c = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi \Omega \cong 337 \Omega$. Le relazioni che interessano i campi

elettrico e magnetico nel vuoto, ne descrivono il comportamento anche in presenza di mezzi materiali, purché si sostituisca alle costanti dielettrica e magnetica del vuoto, le rispettive costanti assolute del mezzo. Questo vuol dire sostituire ϵ_0 con $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ e μ_0 con $\mu = \mu_0 \mu_r$.

QUALI ELEMENTI, SUL NOSTRO TERRITORIO, GENERANO CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI E PERCHÉ

I campi elettromagnetici possono essere generati da varie fonti, che, ognuna per diversa natura, ne stabiliscono l'intensità, la frequenza e l'ambiente nel quale vengono emessi. Occorre per tanto distinguere le fonti che li generano e a cosa è dovuto il campo e.m.. I campi elettromagnetici a frequenza industriale sono generati esclusivamente da elettrodotti, linee elettriche a bassa, media, alta ed altissima tensione utilizzate dall'E.N.E.L. per il trasporto dell'elettricità domestica e industriale nelle aree urbane. Si intende per frequenza industriale la frequenza di rete dell'E.N.E.L., ovvero 50 Hz. Gli ambienti di propagazione di tali onde sono le campagne, i monti e spesso le aree urbane, vicino dove sono ubicate le residenze degli abitanti. I campi elettromagnetici ad alta frequenza sono generati da un vasto numero di apparecchiature. Variano dai ripetitori radio e televisione, ripetitori per telefoni cellulari (ponti radio), elettrodomestici e, in generale, apparecchi elettrici di normale uso domestico, apparecchiature ospedaliere per la radiodiagnostica, sistemi radar di intercettazione. Ognuno di questi apparecchi genera delle onde e.m. di diversa natura e pericolosità che nel corso della relazione verranno affrontati singolarmente in base ai mezzi da noi posseduti e alla loro reale importanza.

COSA DICONO LE LEGGI E QUALI SONO LE EVENTUALI ATTUAZIONI IN TERMINI DI CONTROLLO SUL TERRITORIO

MINISTERO DELL'AMBIENTE

DECRETO 10 settembre 1998, n. 381.

Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana.

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE
D'INTESA CON
IL MINISTRO DELLA SANITÀ
E
IL MINISTRO DELLE COMUNICAZIONI

Vista la legge 31 luglio 1997, n. 249, articolo 1, comma 6, lettera a), n. 15), il quale dispone, tra l'altro, che il Ministero dell'ambiente d'intesa con il Ministero della sanità e con il Ministero delle comunicazioni, sentiti l'Istituto superiore di sanità e l'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente (ANPA), fissa i tetti di radiofrequenze compatibili con la salute umana, tenendo anche conto delle norme comunitarie;

Visto il parere favorevole dell'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente;

Visto il parere dell'Istituto superiore di sanità nel quale, pur condividendosi l'esigenza di una politica cautelativa che individui obiettivi di qualità anche al di là dell'adozione di limiti di esposizione mirati alla tutela degli effetti acuti, sono state manifestate perplessità, in

considerazione dell'attuale stato di conoscenza scientifica, nei riguardi dell'adozione di misure più restrittive specifiche per l'esposizione a campi modulati in ampiezza;

Ritenuta la necessità di riservare misure più cautelative perlomeno nei casi in cui si possono verificare esposizioni a campi elettromagnetici per tempi prolungati, da parte di recettori sensibili non esposti per ragioni professionali;

Visto il parere espresso dalla conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome nella seduta del 7 maggio 1998, con il quale si esprime parere favorevole allo schema di decreto, subordinandolo all'accoglimento di due proposte di modifica, rispettivamente all'articolo 4, comma 2, ed all'articolo 5, comma 1;

Ritenuto di non accogliere la proposta di emendamento all'articolo 4, comma 2, in quanto renderebbe meno certa e sicura la tutela della popolazione per effetti a lungo termine conseguenti ad esposizione prolungata;

Udito il parere del Consiglio di Stato, espresso dalla sezione consultiva per gli atti normativi nell'adunanza del 31 agosto 1998;

Vista la comunicazione al Presidente del Consiglio dei Ministri, a norma dell'articolo 17, comma 3, della legge 23 agosto 1998, n. 400, del 10 settembre 1998, n. prot. UL/98/16640;

A D O T T A

il seguente regolamento:

Art. 1.

Campo di applicazione

1. Le disposizioni del presente decreto fissano i valori limite di esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici connessi al funzionamento ed all'esercizio dei sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi operanti nell'intervallo di frequenza compresa fra 100 kHz e 300 GHz.

2. I limiti di esposizione di cui al predetto decreto, non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.

Art. 2.

Definizioni ed unità di misura

1. Le definizioni delle grandezze fisiche citate nel decreto e le corrispondenti unità di misura sono riportate in allegato *A* che, unitamente agli allegati *B* e *C*, è parte integrante del presente decreto.

Art. 3.

Limiti di esposizione

1. Nel caso di esposizione al campo elettromagnetico i livelli dei campi elettrici, magnetici e della densità di potenza, mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti, non devono superare i valori di tabella 1.

2.

TABELLA 1

LIMITI DI ESPOSIZIONE PER LA POPOLAZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Frequenza f (MHz)	Valore efficace di intensità di campo elettrico E (V/m)	Valore efficace di intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente W/m^2
------------------------	--	--	---

0,1 - 3	60	0,2	-
>3 - 3000	20	0.05	1
>3000 - 300000	40	0.1	4

3. Nel caso di campi elettromagnetici generati da più sorgenti, la somma dei relativi contributi normalizzati, definiti in allegato B, deve essere minore dell'unità.

Art. 4.

Misure di cautela ed obiettivi di qualità

1. Fermi restando i limiti di cui all'articolo 3, la progettazione e la realizzazione dei sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi operanti nell'intervallo di frequenza compresa fra 100 kHz e 300 GHz e l'adeguamento di quelle preesistenti, deve avvenire in modo da produrre i valori di campo elettromagnetico più bassi possibile, compatibilmente con la qualità del servizio svolto dal sistema stesso al fine di minimizzare l'esposizione della popolazione.

2. Per i fini di cui al precedente comma 1, in corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore non devono essere superati i seguenti valori, indipendentemente dalla frequenza, mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti: 6 V/m per il campo elettrico, 0,016 A/m per il campo magnetico intesi come valori efficaci e, per frequenze comprese tra 3 Mhz e 300 GHz, 0,10 W/m² per la densità di potenza dell'onda piana equivalente.

4. Nell'ambito delle proprie competenze, fatte salve le attribuzioni dell'Autorità per le garanzie nelle comunicazioni, le regioni e le province autonome disciplinano l'installazione e la modifica degli impianti di radiocomunicazione al fine di garantire il rispetto dei limiti di cui al precedente articolo 3 e dei valori di cui al precedente comma, il raggiungimento di eventuali obiettivi di qualità, nonché le attività di controllo e vigilanza in accordo con la normativa vigente, anche in collaborazione con l'Autorità per le garanzie nelle comunicazioni, per quanto attiene all'identificazione degli impianti e delle frequenze loro assegnate.

Art. 5.

Risanamenti

1. Nelle zone abitative o sedi di attività lavorativa per lavoratori non professionalmente esposti o nelle zone comunque accessibili alla popolazione ove sono superati i limiti fissati al precedente articolo 3 e all'articolo 4, comma 2, devono essere attuate azioni di risanamento a carico dei titolari degli impianti. Le modalità ed i tempi di esecuzione per le azioni di risanamento sono prescritte dalle regioni e province autonome, secondo la regolamentazione di cui al precedente articolo 4, comma 3.

2. La riduzione a conformità da svolgere nell'ambito dell'attività di risanamento deve essere effettuata in accordo a quanto riportato nell'allegato C.

Art. 6.

Entrata in vigore

1. Il presente decreto entra in vigore dopo sessanta giorni dalla sua pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

Il presente decreto, munito del sigillo dello Stato, sarà inserito nella Raccolta ufficiale degli atti normativi della Repubblica italiana. È fatto obbligo a chiunque spetti di osservarlo e di farlo osservare.

Roma, 10 settembre 1998

p. *Il Ministro dell'ambiente*

CALZOLAIO

p. *Il Ministro della sanità*

BETTONI BRANDINI

p. *Il Ministro delle comunicazioni*

VITA

Visto, *il Guardasigilli*: FLICK

Registrato alla Corte dei conti il 28 ottobre 1998

Registro n. 1 Ambiente, foglio n. 250

AVVERTENZA:

Il testo delle note qui pubblicato è stato redatto ai sensi dell'art. 10, comma 3, del testo unico delle disposizioni sulla promulgazione delle leggi, sull'emanazione dei decreti del Presidente della Repubblica e sulle pubblicazioni ufficiali della Repubblica italiana, approvato con D.P.R. 28 dicembre 1985, n. 1092, al solo fine di facilitare la lettura delle disposizioni di legge alle quali è operato il rinvio. Restano invariati il valore e l'efficacia degli atti legislativi qui trascritti.

- Il testo del comma 6, lettera a), n. 15), dell'art. 1, della legge 31 luglio 1997, n. 249, recante: «Istituzione dell'Autorità per le garanzie nelle telecomunicazioni e norme sui sistemi delle telecomunicazioni e radiotelevisivo», è il seguente:

«6. Le competenze dell'Autorità sono così individuate:

a) la commissione per le infrastrutture e le reti esercita le seguenti funzioni:

1)-14) (omissis);

15) vigila sui tetti di radiofrequenze compatibili con la salute umana e verifica che tali tetti, anche per effetto congiunto di più emissioni elettromagnetiche, non vengano superati. Il rispetto di tali indici rappresenta condizione obbligatoria per le licenze o le concessioni all'installazione di apparati con emissioni elettromagnetiche. Il Ministero dell'ambiente, d'intesa con il Ministero della sanità e con il Ministero delle comunicazioni, sentiti l'Istituto superiore di sanità e l'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente (ANPA), fissa entro sessanta giorni i tetti di cui al presente numero, tenendo conto anche delle norme comunitarie».

- Il testo del comma 3, dell'art. 17, della legge 23 agosto 1988, n. 400, recante: "Disciplina dell'attività di Governo e ordinamento della Presidenza del Consiglio dei Ministri", è il seguente:

«3. Con decreto ministeriale possono essere adottati regolamenti nelle materie di competenza del Ministro o di autorità subordinate al Ministro, quando la legge espressamente conferisca tale potere. Tali regolamenti, per materie di competenza di più Ministri, possono essere adottati con decreti interministeriali, ferma restando la necessità di apposita autorizzazione da parte della legge. I regolamenti ministeriali ed interministeriali non possono dettare norme contrarie a quelle dei regolamenti emanati dal Governo. Essi debbono essere comunicati al Presidente del Consiglio dei Ministri prima della loro emanazione».

RINGRAZIAMENTI E SALUTI

Si ringraziano il professor Nicoletti Riccardo, docente di Fisica II presso l'università di Ingegneria, sede di Prato e il dottorando Barletti Luigi dell'università di Firenze

FONTI DI RIFERIMENTO UTILIZZATE

Appunti di Fisica Generale II (Nicoletti Riccardo), elettrotecnica generale (Pezzi Mario), Elementi di radioprotezione (E.N.E.A.), Gazzetta ufficiale, Internet, ICNIRP, CENELEC, ISTAT, IARC, Magnani, Anversa, Ahlbom, Microwave News, Ann-Mary Dock, Swedish Association for the electrically injured, Savitz, IRPA.

Prato, 07/07/1999

Pablo Bernardi, Raffaello Curtatone