

# ANALISI COMPARATIVA DEI CRITERI DI ACCETTABILITÀ DEL RISCHIO E CONSIDERAZIONI SUL D.M. 9 MAGGIO 2001

Andrea Carpignano, Sara Tuninetti  
Dipartimento di Energetica – Politecnico di Torino  
Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino  
andrea.carpignano@polito.it  
sara.tuninetti@polito.it

## SOMMARIO

Negli ultimi decenni alcuni incidenti rilevanti hanno tragicamente dimostrato come le conseguenze associate a questi eventi possano essere notevolmente aggravate dalla vicinanza di aree ad alta densità di popolazione. Da tempo i paesi più industrializzati hanno introdotto e sviluppato criteri di accettabilità del rischio e soprattutto, a seguito della Direttiva Seveso (96/82/EC), anche nel resto dell'Europa si è cominciato ad elaborare tali criteri ai fini della localizzazione degli impianti a rischio di incidente rilevante e della pianificazione territoriale delle zone circostanti. Per l'Italia questi concetti sono diventati normativa vigente con il Decreto del Ministero dell'Ambiente 15 maggio 1996 per i depositi di gas e petrolio liquefatto G.P.L., con il successivo Decreto del Ministero dell'Ambiente 20 ottobre 1998 relativo ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici, ed infine con il Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 9 maggio 2001 relativo alla pianificazione del territorio in prossimità delle Aziende a Rischio che, implicitamente, indica dei criteri di tollerabilità del rischio.

L'obiettivo di questo lavoro è quello di analizzare i criteri di accettabilità del rischio che sono tacitamente espressi nel D.M. 9 maggio 2001 in modo da poterli confrontare direttamente con i criteri già utilizzati in altri Paesi.

## 1. CRITERI DI TOLLERABILITÀ DEL RISCHIO

In questa prima parte del lavoro si vogliono esaminare i principali criteri adottati per definire la tollerabilità del rischio adottati nei vari paesi Europei, sottolineando in particolare gli aspetti che riguardano la pianificazione territoriale delle aree intorno alle industrie a rischio di incidente rilevante.

Nell'ambiente Europeo, ogni tentativo di stabilire linee guida per la pianificazione territoriale deve tenere conto della significativa differenza di legislazione presente in ogni nazione degli Stati Membri; in alcuni paesi esistono già procedure precise su come considerare nella pianificazione gli incidenti rilevanti, mentre in altri manca ancora una legislazione di riferimento. In Olanda, Regno Unito, Francia e Germania hanno già sviluppato procedure di pianificazione territoriale (Land Use Planning - LUP), i Paesi Sud-Europei come Grecia, Spagna e Portogallo appartengono invece a quelli in cui manca una legislazione di riferimento, mentre in alcuni Paesi come per esempio la Danimarca sono ormai prossimi a stabilire i criteri per la pianificazione territoriale [2]. Si può notare come per l'Olanda esistano molti documenti che trattano l'accettabilità del rischio, soprattutto perché già da tempo questi tipi di criteri erano utilizzati per valutare l'accettabilità del rischio dovuto a inondazioni e per il calcolo dell'altezza delle dighe [1].

Dal punto di vista metodologico si possono distinguere due approcci che sono adottati per la valutazione del rischio in Europa [3]: il primo si focalizza sulla valutazione delle conseguenze di un certo numero di scenari incidentali credibili ed è tipicamente chiamato approccio "consequence based", mentre il secondo si basa sia sulla valutazione delle conseguenze che sulla valutazione della frequenza di accadimento del possibile scenario incidentale ed è chiamato approccio "risk based". Per una certa installazione l'approccio "consequence based" mostrerà per lo scenario valutato l'area delle conseguenze che provocano effetti letali e feriti gravi, mentre l'approccio "risk based" mostrerà l'area entro cui, con una certa frequenza di accadimento, si verifichi un determinato danno che risulta dallo studio degli scenari incidentali prevedibili.

In aggiunta a questi due approcci metodologici se ne può distinguere un terzo che consiste nella determinazione e nell'uso di "distanze generiche" che dipendono dal tipo di attività piuttosto che da un'analisi dettagliata del sito specifico. Queste "safety distance" derivano usualmente dal giudizio di esperti (expert judgement) e sono soprattutto basati su ragioni storiche e da esperienze su impianti. E' da notare come gli approcci descritti non si escludano a vicenda: ogni Stato Membro può essere caratterizzato dall'adozione di più approcci contemporaneamente. Analizzando i criteri di accettabilità del rischio utilizzati nei Paesi Europei riportati in Tabella 1 si può osservare come per esempio in Germania e Svezia vengano utilizzati sia criteri basati sulle conseguenze, sia criteri basati su distanze generiche e come altri i criteri siano ancora in fase di definizione (Italia, Grecia, Irlanda, etc.)

Tabella 1. Criteri di accettabilità del rischio in Europa [2]

Country	'Generic' safety distances	'Consequence based' approach	'Risk based' approach	Land-use planning criteria	Arrangements still being developed
Austria					X
Belgium		X (Walloon)	X (Flemish)		X
Denmark					X
Finland		X			
France		X		X	
Germany	X	X		X	
Greece					X
Ireland					X
Italy					X
Luxembourg		X		X	
The Netherlands			X	X	
Portugal					X
Spain		X			X
Sweden	X	X			X
The United Kingdom			X	X	

Per un maggior dettaglio su queste metodologie elaborate nei vari Paesi si faccia riferimento alla letteratura [2, 3, 4, 5, 6].

## 2. CONFRONTO TRA I CRITERI DI ACCETTABILITA' DEL RISCHIO PROPOSTI IN VARI PAESI

Fin dal 1960 alcuni incidenti rilevanti in installazioni con sostanze pericolose hanno sottolineato la necessità di un criterio per giudicare la tollerabilità/accettabilità di queste attività. Dagli anni '60-70, vista l'esigenza di questa tipologia di criteri, sono state messe a punto analisi di rischio quantitative che hanno permesso per la prima volta l'analisi probabilistica degli incidenti. La prima evoluzione ha portato verso l'uso dei diagrammi FN e i primi criteri di accettabilità proposti sono nati nel campo nucleare (Regno Unito) soprattutto con lo scopo di chiarire la questione sulla sicurezza dei reattori nucleari ("how safe is safe enough" [7]). Nei paragrafi successivi si analizzano i criteri di tollerabilità utilizzati in vari Paesi per la valutazione del rischio individuale e del rischio sociale nelle installazioni fisse; la scelta di riportare solo gli approcci basati sul rischio è dovuta alla completezza dell'approccio che correttamente pesa la magnitudo delle conseguenze con la frequenza di accadimento.

### 2.1 Rischio individuale

La classica definizione di Rischio Individuale (RI) che si trova in letteratura [8] è la seguente: "frequenza a cui ci si aspetta che un individuo sia sottoposto a un certo livello di danno a causa di un incidente in un'industria a rischio di incidente rilevante". Di solito si considera il rischio di morte e normalmente è espresso come morti all'anno per persona. Il RI è il rischio a cui è sottoposto un singolo individuo in un dato periodo di tempo e riflette la severità del pericolo e il tempo in cui l'individuo è in prossimità dell'impianto. La valutazione e limitazione del rischio individuale è molto simile in molti Paesi Europei e non Europei e in particolare il valore di RI accettabile varia tra valori di  $10^{-5}$  morti/anno e  $10^{-6}$  morti/anno. In Tabella 2 sono riassunti i valori di RI considerati accettabili e non accettabili per i Paesi che hanno deciso di adottare un criterio basato sul rischio. Dall'analisi di questa tabella si evince come la maggior parte dei Paesi presi in esame consideri accettabile un valore di rischio individuale inferiore a  $10^{-6}$  morti/anno. Questo non stupisce anche perché secondo uno studio di G. Bello [16] il livello di riferimento per l'accettabilità del rischio individuali dovrebbe essere dell'ordine di  $10^{-6}$  in quanto questo valore è inferiore da 1 a 10 volte al rischio di morire a causa di una catastrofe naturale, da 1 a 100 volte inferiore al rischio di essere vittima di un'attività non lavorativa, da 10 a 1000 volte inferiore al rischio lavorativo, da 100 a 1000 volte inferiore al rischio di senescenza e malattia per soggetti nella fascia d'età media. Sul valore limite di inaccettabilità invece il valore

varia tra  $10^{-3}$  e  $10^{-5}$  e in alcuni Paesi il limite non è specificato.

Tabella 2. Confronto dei criteri di accettabilità per il rischio individuale [2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]

	RI (morti/anno/per sona) Soglia di Accettabilità	RI (morti/anno/persona) Soglia di Non Accettabilità
Olanda	$10^{-6}$	$10^{-5}$
UK	$10^{-6}$	$10^{-4}$ (pubblico)- $10^{-3}$ (lavoratori)
Canada	$10^{-6}$	$10^{-4}$
Australia	$10^{-6}$	Non Utilizzato
Russia	$10^{-6}$	$10^{-4}$
Hong Kong	$10^{-5}$	Non Utilizzato

Per la situazione italiana la soglia di accettabilità per il rischio individuale pari a  $10^{-6}$  morti/anno già utilizzata negli altri Paesi si può considerare abbastanza ragionevole, basti pensare che in Italia ogni anno, solo per l'incidentalità stradale, si ha in media un rischio individuale di morte pari a circa  $2 \times 10^{-4}$  morti/anno persona (dati ISTAT per il 2001).

## 2.2 Rischio sociale

Secondo la letteratura [8] il Rischio Sociale (RS) è dato dalla frequenza e dal numero di persone soggette a un certo livello di danno a seguito di uno specifico evento incidentale. Di solito si fa riferimento al rischio di morte espresso in morti per anno. Il rischio individuale dà un valore di probabilità annua di morte per una certa posizione, il rischio sociale dà invece un numero riferito ad una collettività.

La tecnica migliore [5, 11, 14, 17] per studiare e rappresentare il rischio sociale è un'analisi di rischio quantitativa che fornisce le informazioni per poter rappresentare il RS con la curva F-N (Frequenza cumulata - Numero di morti). Ovviamente ci sono studi che criticano molto questo tipo di metodologia [18], ma la maggior parte dei documenti in letteratura la ritengono adeguata e completa.

Per stabilire un criterio di accettabilità per il rischio sociale è necessario stabilire alcuni principi su cui si basa la costruzione delle curve limite sul diagramma F-N come pendenza, punto di partenza, etc.

Una prima indicazione sull'andamento delle curve di rischio sociale è data dalle curve storiche degli incidenti già avvenuti e nelle figure seguenti se ne riportano alcune:

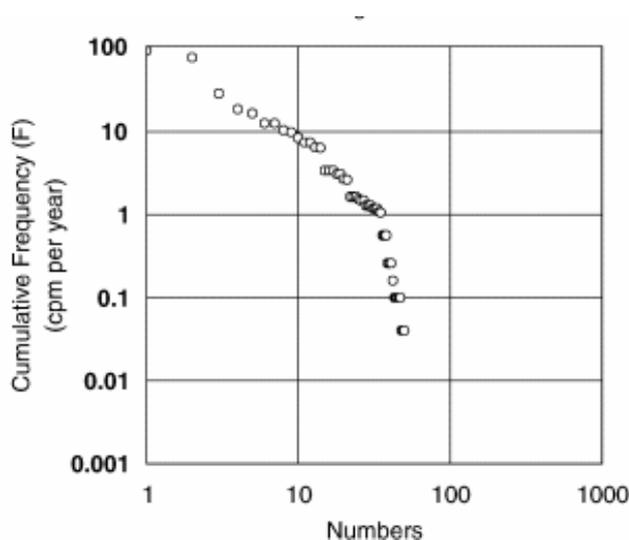


Figura 1. Curva storica degli incidenti rilevanti che hanno coinvolto persone vicine a installazioni industriali con stoccaggio di gas liquefatti tossici [5]

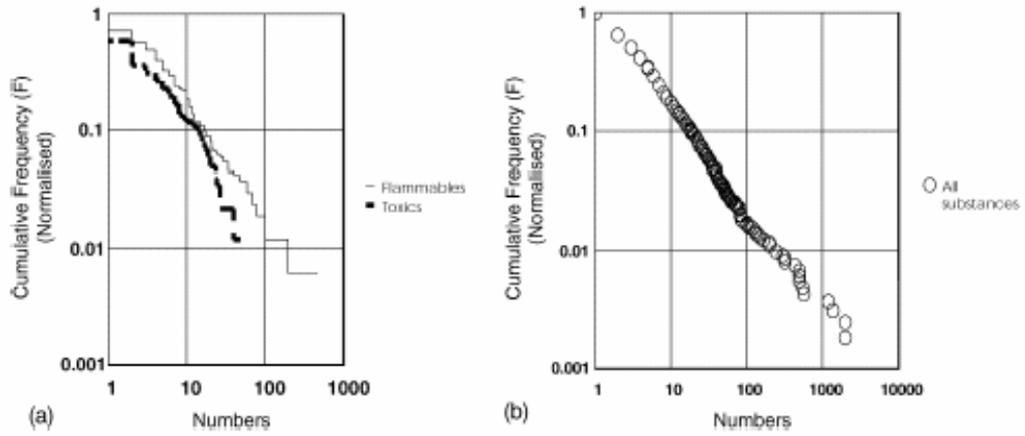


Figura 2. Curva storica alcuni incidenti che coinvolgono sostanze tossiche e infiammabili [5]

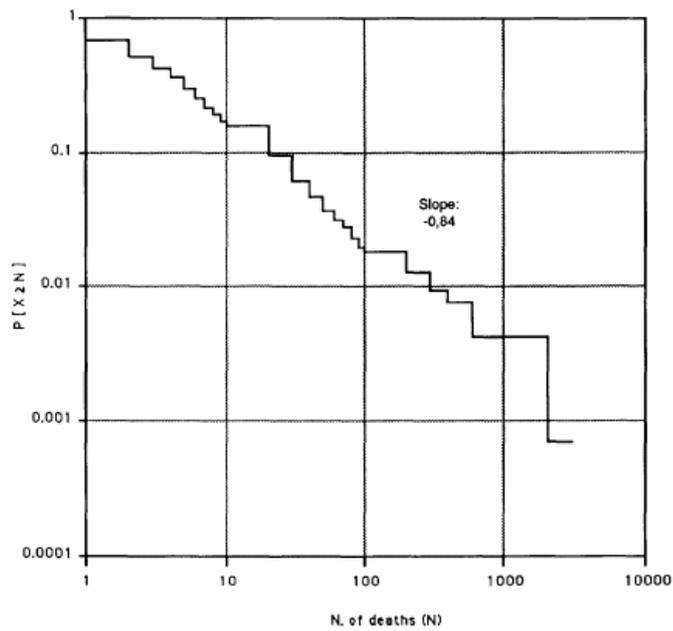


Figura 3. Curva storica degli incidenti della banca dati MIDHAS fino al 1992 [19]

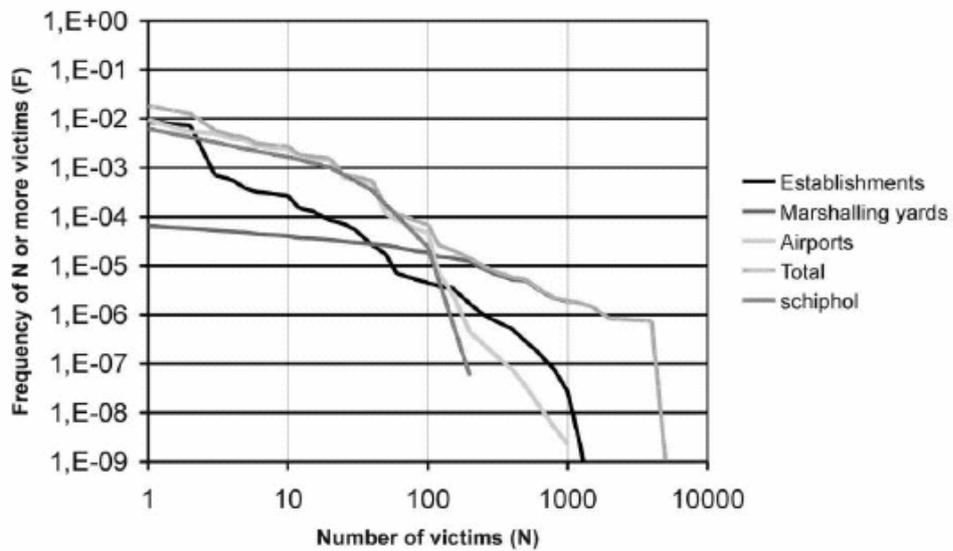


Figura 4. Andamento del rischio sociale in Olanda [12]

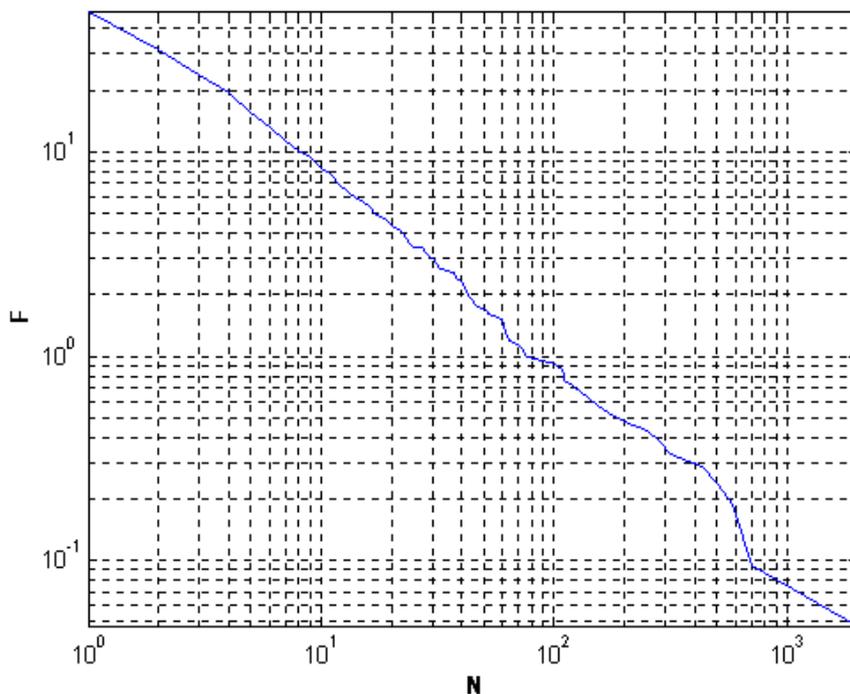


Figura 5. Curva storica degli incidenti della banca dati MIDHAS fino al 2001 [20]

Da queste curve storiche si può notare come l'andamento abbia nella maggior parte dei casi una pendenza  $n$  pari a circa  $-1$  e che anche in letteratura le pendenze fino ad ora trovate siano sempre inferiori a  $1$  o al massimo appena maggiori [19]. Un'ottima analisi delle problematiche legate alla curva  $F-N$  è il rapporto dell'HSE sul rischio sociale [21], qui oltre se ne riportano i punti salienti per analizzare l'andamento della curva del rischio sociale. Nello studio dell'HSE si mette in evidenza come i criteri di accettabilità per il rischio sociale secondo le curve  $FN$  abbiano un certo grado di coerenza tra loro anche se sono stati sviluppati in luoghi diversi e in tempi differenti. La maggior parte dei criteri adottano un grado di avversione al rischio neutrale, mentre le autorità olandesi continuano sulla linea "risk averse" [21].

Per la definizione della curva di accettabilità è importante studiare due parametri caratteristici: il punto di partenza ("anchor point") e il gradiente. Per quanto riguarda il punto base di ancoraggio bisogna considerare l'influenza di un lavoro dell'ACMH (Advisory Committee on Major Hazard) del 1976 in cui si suggerisce che per impianti che possono originare incidenti gravi una frequenza di  $10^{-4}$  eventi/anno è appena sulla linea di accettabilità. Il significato di incidente grave non è mai stato definito, ma è pratica molto diffusa tra gli analisti di rischio presumere che sia di  $10$  o più morti. Questo punto fisso  $(10, 10^{-4})$  come si vedrà in seguito è stato utilizzato in molte curve  $FN$  che si usano ancora oggi. Questo approccio è basato sul giudizio professionale, un approccio alternativo è quello usato in UK in cui il punto fisso deriva dallo studio delle decisioni che riguardano i maggiori incidenti storici, in particolare quelli che riguardano una maggiore esposizione del pubblico. In questo caso il punto fisso è stato considerato pari a  $(500, 2 \times 10^{-4})$ . Un altro punto di ancoraggio  $(100, 10^{-4})$  è stato proposto da HSE in campo nucleare e si basa sul progetto pilota di Canvey Island in cui si forniscono anche gli elementi per giudicare l'avversione del pubblico verso gli incidenti nucleari rispetto a quelli convenzionali. Il governo di Hong Kong ha preso posizione in accordo con ACMH, mentre per l'Olanda il limite per il rischio sociale è stato estrapolato da quello individuale (che era l'1% del IR di ogni giorno) ottenendo un punto fisso di  $(10, 10^{-5})$ . In conclusione si può dire che questi criteri si basano su diversi tipi di approcci spaziando da quello analitico in cui si ha più o meno attenzione alle implicazioni costi-benefici, a quello pragmatico che chiaramente si basa sul giudizio di esperti e su precedenti storici.

Il secondo parametro da fissare per la curva  $FN$  è la pendenza. La maggior parte dei criteri  $FN$  è disegnata con pendenza  $-1$  e  $-2$  su diagrammi bilogarithmici (Figura 6). La pendenza  $-1$  riguarda comunemente un'avversione al rischio neutrale, in cui la ponderazione a favore della prevenzione di grandi incidenti è proporzionale a  $N$  e non ad alti valori di  $N$  come è invece riportato in una formulazione con un certo grado di avversione al rischio. Per esempio l'Olanda utilizza una pendenza di  $-2$  per la curva di accettabilità e questa scelta restrittiva ha incontrato alcune difficoltà locali di implementazione e ha richiesto la necessità di deroghe.

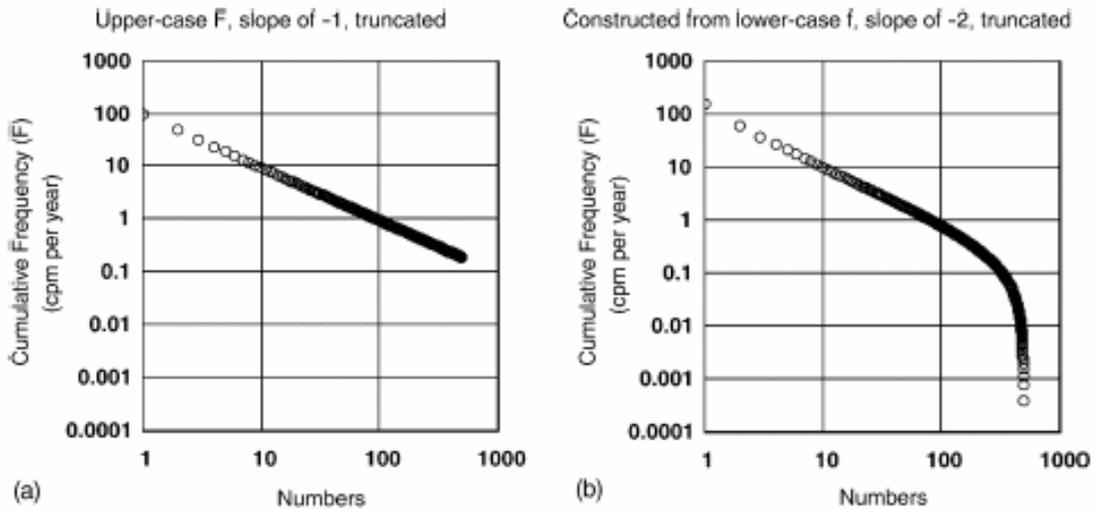


Figura 6. Esempio di Curve F-N con diverso grado di avversione al rischio. In entrambe le curve si considerano accettabili 100 morti una volta all'anno [5]

Nelle figure seguenti sono riportate per i Paesi considerati le curve limite che separano la zona accettabile da quella non accettabile nelle installazioni fisse (Figura 7) e i limiti inferiori e superiori che identificano la zona ALARP (Figura 8).

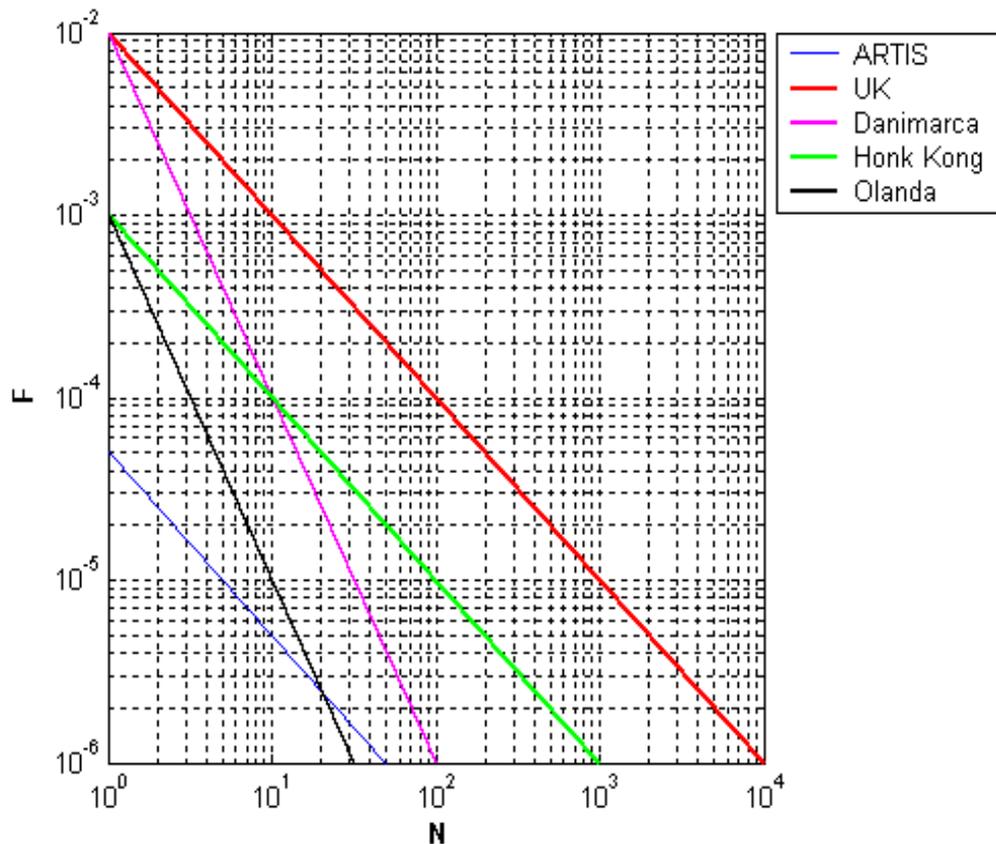


Figura 7. Limiti di accettabilità sul diagramma F-N (Frequenza cumulata-Numero di morti) [15, 16, 21, 22, 27, 28]

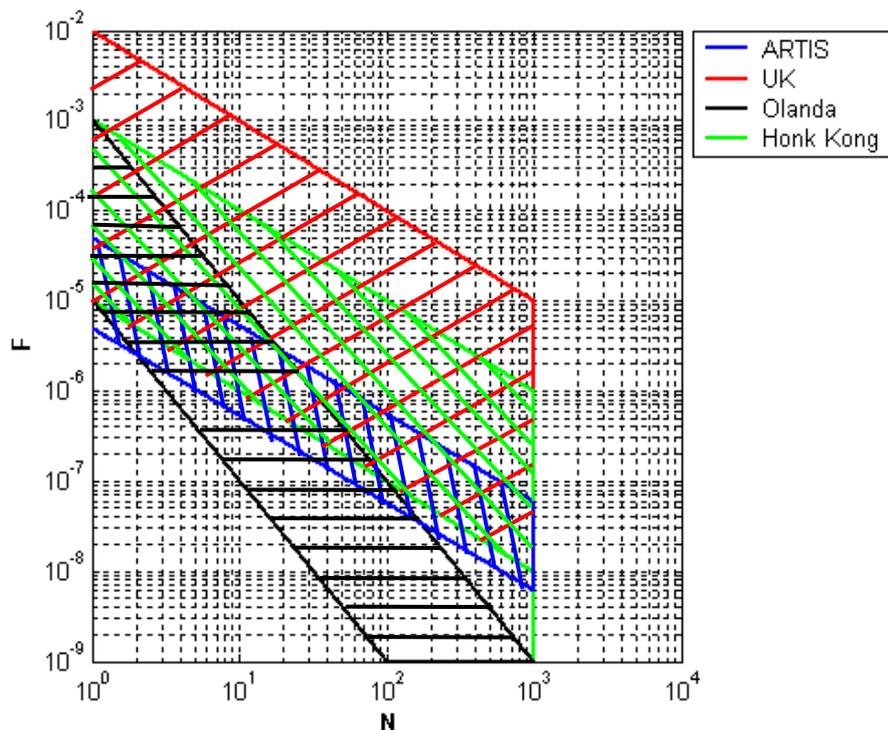


Figura 8. Limiti ALARP sul diagramma F-N [15,16, 21, 23]

Analizzando questi criteri e confortati dalla letteratura [21] si può dire che il punto fisso è generalmente variabile, ma in alcuni casi è comune a più Paesi anche se con evoluzione storica e motivazione dei criteri di accettabilità differente (per esempio Olanda e Hong Kong). Inoltre la pendenza della curva limite ha un gradiente pari a  $-1$  a meno che non si voglia tenere conto di una maggiore avversione al rischio come in Olanda. Per quanto riguarda la zona ALARP [29] in l'Olanda l'area coinvolta è decisamente diversa dalle altre e il Regno Unito insieme ad Hong Kong propongono un'area ALARP decisamente più ampia. Inoltre si può notare la sovrapposizione di tale area tra il progetto ARTIS, Hong Kong e il Regno Unito ed emerge come il limite di completa accettabilità sia abbastanza simile per tutti i casi esaminati.

Dopo questa panoramica sulle industrie a rischio rilevante si vuole sottolineare come i criteri di accettabilità siano anche definiti in ambiti più particolari, come per esempio per certi tipi di impianti o per certi tipi di sostanze. In proposito si possono ricordare le proposte di criteri di accettabilità per le pipelines che trasportano il gas naturale [6] e le proposte per le stazioni di rifornimento a idrogeno [24]. Si ricorda però che per definire i criteri più adatti per ogni situazione ci sono molti parametri da considerare e che i criteri basati sulle curve FN hanno un ruolo importante nelle decisioni che riguardano la sicurezza pubblica.

Consapevoli di queste caratteristiche negli altri Paesi si esaminano nel capitolo successivo i criteri di accettabilità del rischio che in qualche modo sono insiti nel testo del DM 9 maggio 2001.

### 3. IL DM 9/5/01 E I CRITERI DI ACCETTABILITA'

Di seguito viene analizzata la più recente normativa italiana che regola la localizzazione degli impianti a rischio di incidente rilevante e la pianificazione territoriale delle zone circostanti con lo scopo di interpretare la posizione che si va oggi consolidando nel nostro paese in termini di tollerabilità del rischio. Il Decreto infatti non definisce esplicitamente dei criteri di accettabilità del rischio, ma di fatto, regolando l'urbanizzazione in funzione del rischio, in modo implicito dichiara ciò che può essere ritenuto accettabile e ciò che accettabile non è. L'analisi che segue intende "interpretare" i criteri impliciti definiti nel Decreto per compararli alle posizioni degli altri paesi.

Il Decreto 9 maggio 2001 stabilisce i requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti soggetti agli obblighi di cui agli articoli 6,7 e 8 del decreto legislativo 17 agosto 1999, n°334 e si riferisce alla destinazione d'uso dei suoli, al fine di prevenire gli incidenti rilevanti connessi a determinate sostanze pericolose per limitarne le conseguenze sull'uomo e sull'ambiente [25]. Questo Decreto fornisce un criterio tramite il quale si può valutare se la zona circostante ad una certa industria a rischio di incidente rilevante è compatibile o meno con l'industria stessa dal punto di vista territoriale e ambientale.

Il procedimento per questo tipo di valutazioni consiste nel determinare le aree di danno che l'impianto può originare a causa di un incidente per quattro soglie: elevata letalità, inizio letalità, lesioni irreversibili e lesioni reversibili. In Tabella 3 sono riportati questi valori di soglia per i vari tipi di scenari incidentali.

Tabella 3. Valori di soglia proposti nel DM 9/05/2001 [25]

Scenario incidentale	Elevata letalità	Inizio letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili	Danni alle strutture/ Effetti domino
Incendio (radiazione termica stazionaria)	12,5 kW/m <sup>2</sup>	7 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>	12,5 kW/m <sup>2</sup>
BLEVE/Fireball (radiazione termica variabile)	Raggio fireball	350 kJ/m <sup>2</sup>	200 kJ/m <sup>2</sup>	125 kJ/m <sup>2</sup>	200 – 800 m
Flash-fire (radiazione termica istantanea)	LFL	½ LFL			
VCE (sovrapressione di picco)	0,3 bar (0,6 spazi aperti)	0,14 bar	0,07 bar	0,03 bar	0,3 bar
Rilascio tossico (dose assorbita)	LC50 (30min,hmn)		IDLH		

Le aree di danno calcolate per queste soglie devono poi essere confrontate con le categorie territoriali compatibili con lo stabilimento tramite la Tabella 4 e le categorie territoriali sono classificate da A a F come illustrato in Tabella 12.

Tabella 4. Categorie territoriali compatibili con gli stabilimenti secondo il DM 9/5/01 [25]

Classe di probabilità degli eventi	Categoria di effetti			
	Elevata letalità	Inizio letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili
< 10 <sup>-6</sup>	DEF	CDEF	BCDEF	ABCDEF
10 <sup>-4</sup> – 10 <sup>-6</sup>	EF	DEF	CDEF	BCDEF
10 <sup>-3</sup> – 10 <sup>-4</sup>	F	EF	DEF	CDEF
> 10 <sup>-3</sup>	F	F	EF	DEF

Tabella 5. Categorie territoriali secondo il DM 9/5/01 [25]

Categorie territoriali
<b>CATEGORIA A</b>
1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia superiore a 4,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .
2. Luoghi di concentrazione di persone con limitata capacità di mobilità - ad esempio ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole inferiori, ecc. (oltre 25 posti letto o 100 persone presenti).
3. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante all'aperto - ad esempio mercati stabili o altre destinazioni commerciali, ecc. (oltre 500 persone presenti).
<b>CATEGORIA B</b>
1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 4,5 e 1,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .
2. Luoghi di concentrazione di persone con limitata capacità di mobilità - ad esempio ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole inferiori, ecc. (fino a 25 posti letto o 100 persone presenti).
3. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante all'aperto - ad esempio mercati stabili o altre destinazioni commerciali, ecc. (fino a 500 persone presenti).
4. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante al chiuso - ad esempio centri commerciali, terziari e direzionali, per servizi, strutture ricettive, scuole superiori, università, ecc. (oltre 500 persone presenti).
5. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante con limitati periodi di esposizione al rischio - ad esempio luoghi di pubblico spettacolo, destinati ad attività ricreative, sportive, culturali, religiose, ecc. (oltre 100 persone presenti se si tratta di luogo all'aperto, oltre 1000 al chiuso).
6. Stazioni ferroviarie ed altri nodi di trasporto (movimento passeggeri superiore a 1000 persone/giorno).
<b>CATEGORIA C</b>
1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 1,5 e 1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .
2. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante al chiuso - ad esempio centri commerciali, terziari e direzionali, per servizi, strutture ricettive, scuole superiori, università, ecc. (fino a 500 persone presenti).
3. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante con limitati periodi di esposizione al rischio - ad esempio luoghi di pubblico spettacolo, destinati ad attività ricreative, sportive, culturali, religiose, ecc. (fino a 100 persone presenti se si tratta di luogo all'aperto, fino a 1000 al chiuso; di qualunque dimensione se la frequentazione è al massimo settimanale).
4. Stazioni ferroviarie ed altri nodi di trasporto (movimento passeggeri fino a 1000 persone/giorno).

---

**Categorie territoriali**

---

**CATEGORIA D**

---

1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 1 e  $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ .
  2. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante, con frequentazione al massimo mensile - ad esempio fiere, mercatini o altri eventi periodici, cimiteri, ecc..
- 

**CATEGORIA E**

---

1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia inferiore a  $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ .
  2. Insediamenti industriali, artigianali, agricoli, e zootecnici.
- 

**CATEGORIA F**

---

1. Area entro i confini dello stabilimento.
  2. Area limitrofa allo stabilimento, entro la quale non sono presenti manufatti o strutture in cui sia prevista l'ordinaria presenza di gruppi di persone.
- 

Questo tipo di criterio di accettabilità è del tipo "risk based", si vede infatti come in Tabella 4 i criteri di pianificazione dipendano sia dall'entità delle conseguenze che dalla frequenza attesa. Il Decreto può essere infatti interpretato come segue: se si considera accettabile per un determinato scenario (a cui è associata una certa frequenza di accadimento) che nella zona a elevata letalità siano presenti tante persone quante definite nella categoria territoriale corrispondente vuol dire che accetta un danno pari a quello provocato dall'elevata letalità per quelle persone. Per esempio se uno scenario con una frequenza di  $10^{-5}$  eventi/anno provoca un irraggiamento pari a  $12.5 \text{ kW}/\text{m}^2$  ad una distanza di 25 m, significa che nel raggio di 25 m si accetta solo la presenza di zone interne all'impianto (Cat.F) o di zone prevalentemente residenziali con indice fondiario inferiore a  $0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2$  (Cat.E). Questo vuol dire che si accetta che le persone presenti all'interno dell'impianto o nelle aree residenziali di tipo E siano coinvolte da un irraggiamento di  $12.5 \text{ kW}/\text{m}^2$ ; normalmente la letalità per un irraggiamento di quell'entità si può pensare provochi, conservativamente, la morte del 5% delle persone<sup>1</sup> (la stessa cosa vale per un'onda di pressione di 0.3 bar) per cui si accetta che il 5% delle persone esposte muoia. In questo modo si può esprimere l'accettabilità con una frequenza e con un numero di morti e quindi rappresentarla su un diagramma FN.

Il problema di questa formulazione sta nel definire il numero di persone per  $\text{m}^2$  per ogni categoria territoriale ammessa nell'area di elevata letalità e la distanza di danno per l'elevata letalità per ogni scenario incidentale considerato. A questo proposito si sono fatte alcune ipotesi sulla densità abitativa e sulle distanze di danno tenendo presente che questi valori influenzano fortemente il grafico del rischio sociale F-N in quanto se si considera un numero maggiore di persone per  $\text{m}^2$  presenti nell'area coinvolta dall'incidente, la curva di accettabilità va verso valori di rischio maggiori e se si aumenta l'area di danno che può provocare un incidente rilevante il numero di persone coinvolte aumenta e di conseguenza l'accettabilità delle curve. I valori assunti come riferimento per la realizzazione della curva F-N sulla base dei criteri di compatibilità proposti dal decreto sono stati quindi scelti in modo da rappresentare la peggiore situazione tollerata per poterla confrontare con i criteri già proposti e utilizzati in altri paesi. Si riportano nel seguito le ipotesi di lavoro utilizzate per la formulazione delle curve di accettabilità sebbene tali valori debbano essere considerati del tutto indicativi.

Densità abitativa:

- per la zona residenziale si sono considerati  $300 \text{ m}^3/\text{persona}$ , ovvero una densità abitativa di  $0.01 \text{ persone}/\text{m}^2$  per la categoria D e  $0.005 \text{ persone}/\text{m}^2$  per la categoria E ( $300 \text{ m}^3/\text{persona}$ , ma diverso indice fondiario); questo significa che per la categoria D si è considerata una densità abitativa media annua di  $10000 \text{ ab}/\text{km}^2$  mentre per la categoria E una densità media di  $5000 \text{ ab}/\text{km}^2$  (ad esempio si consideri che la densità media territoriale di Torino è di circa  $7000 \text{ ab}/\text{km}^2$  [30])
- nella categoria D è prevista inoltre la presenza di un evento periodico con frequenza mensile soggetto ad affollamento rilevante; per considerare questa tipologia di evento nella densità abitativa della categoria si è ipotizzato che con cadenza mensile sia presente un evento fieristico in cui la densità sia cinque volte quella prevista dalla categoria ( $0.05 \text{ persone}/\text{m}^2$ ). La densità media abitativa della categoria D risulta quindi pari a  $0.012 \text{ persone}/\text{m}^2$
- per la zona interna allo stabilimento si sono invece considerati  $300 \text{ m}^2/\text{persona}$ , ovvero una densità abitativa di  $0.0033 \text{ persone}/\text{m}^2$  che corrisponde ad un massimo di 30 persone per ogni  $10000 \text{ m}^2$  di stabilimento (categoria F)

Raggio di danno: i risultati ottenuti in termini di danno (morti/anno) fanno riferimento a tre scenari in cui si prevede un diverso raggio di danno corrispondente all'elevata letalità e in particolare sono state formulate le seguenti ipotesi:

- in caso di incendio la distanza a cui si raggiunge un irraggiamento di  $12.5 \text{ kW}/\text{m}^2$  varia tra un minimo di 50m e un massimo di 200m

---

<sup>1</sup> Questa stima è di carattere conservativo, Lees suggerisce infatti una probabilità di morte inferiore all'1% per sovrappressioni inferiori a 1-2 bar e un valore di 1% di letalità per un irraggiamento di  $10.2 \text{ kW}/\text{m}^2$  della durata di almeno 45.2 secondi [26]

- per l'esplosione la distanza a cui si raggiunge un'onda di pressione di 0.3 bar varia tra un minimo di 100m ad un massimo di 400m
- per il rilascio tossico si considera 1/8 di cerchio con raggio che parte da un minimo di 500m e un massimo di 2km

Classi di frequenza e di categoria territoriale: si è considerato, per ogni classe di frequenza, il limite superiore della classe e per la categoria territoriale compatibile quella con maggior densità abitativa.

Con riferimento alle tabelle di compatibilità ambientale e territoriale presenti nel DM 9/5/01[25] e alle ipotesi di lavoro degli autori sopra riportate si ottiene quanto illustrato in Figura 9.

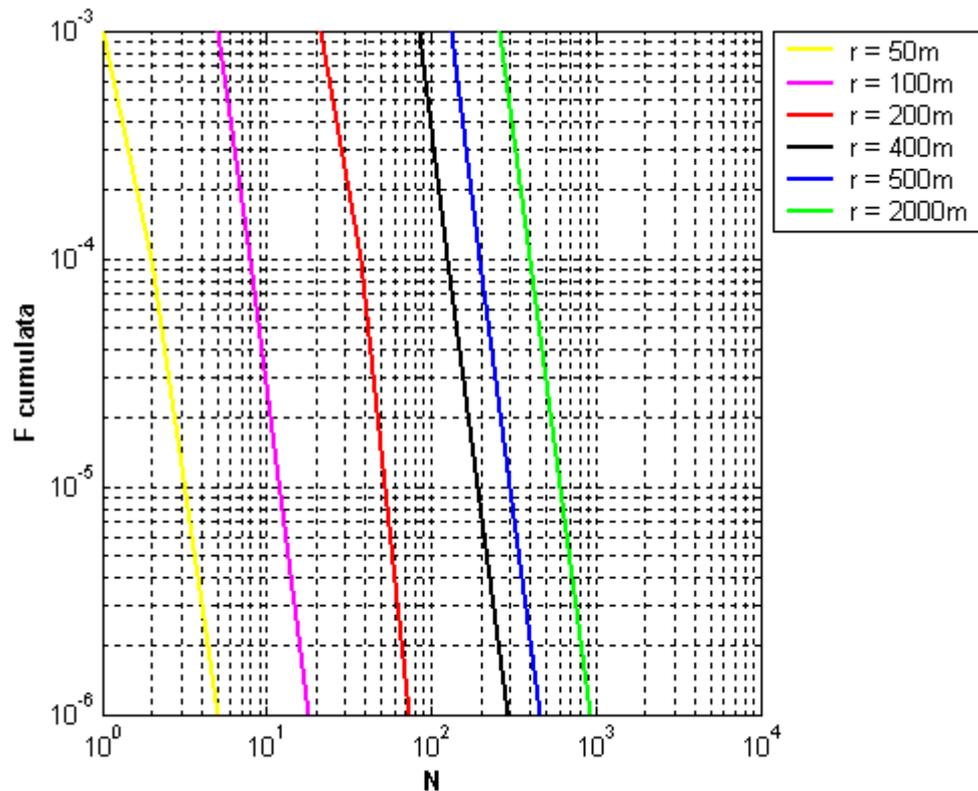


Figura 9. Criterio di accettabilità del DM 9/5/01 sul grafico FN secondo le ipotesi di lavoro fatte in caso di incendio (r=50-100m), esplosione (r=100-400m), rilascio tossico (r=500-2000m)

Se si confronta la curva ottenuta in Figura 9 con i criteri utilizzati in altri Paesi e con il criterio proposto nel progetto italiano ARTIS (Figura 10) possono emergere le seguenti considerazioni:

- il criterio del Decreto presenta una notevole avversione al rischio e in tutti i casi la curva di accettabilità ha pendenza maggiore rispetto alla curva olandese;
- La pendenza e i limiti delle curve dipendono sia dalle ipotesi fatte nella presente analisi che dai vincoli imposti dal decreto: la densità territoriale e il raggio di danno ipotizzati condizionano il numero di persone coinvolte in caso di incidente (numero di morti, valore delle ascisse del grafico), ma la classe territoriale proposta dal decreto limita la densità proponendo diversi indici fondiari per ogni categoria;
- Se si fossero utilizzati valori di densità abitativa maggiori si sarebbero ottenute curve più spostate verso destra, mentre una maggiore diversità di densità tra le categoria territoriale avrebbe diminuito la pendenza delle curve; tuttavia le ipotesi fatte non influiscono sostanzialmente sui risultati e i vincoli imposti dal decreto in ogni caso presentano un'avversione al rischio superiore a quanto previsto in altri paesi;
- La curva meno restrittiva è quella relativa al rilascio di sostanza tossica

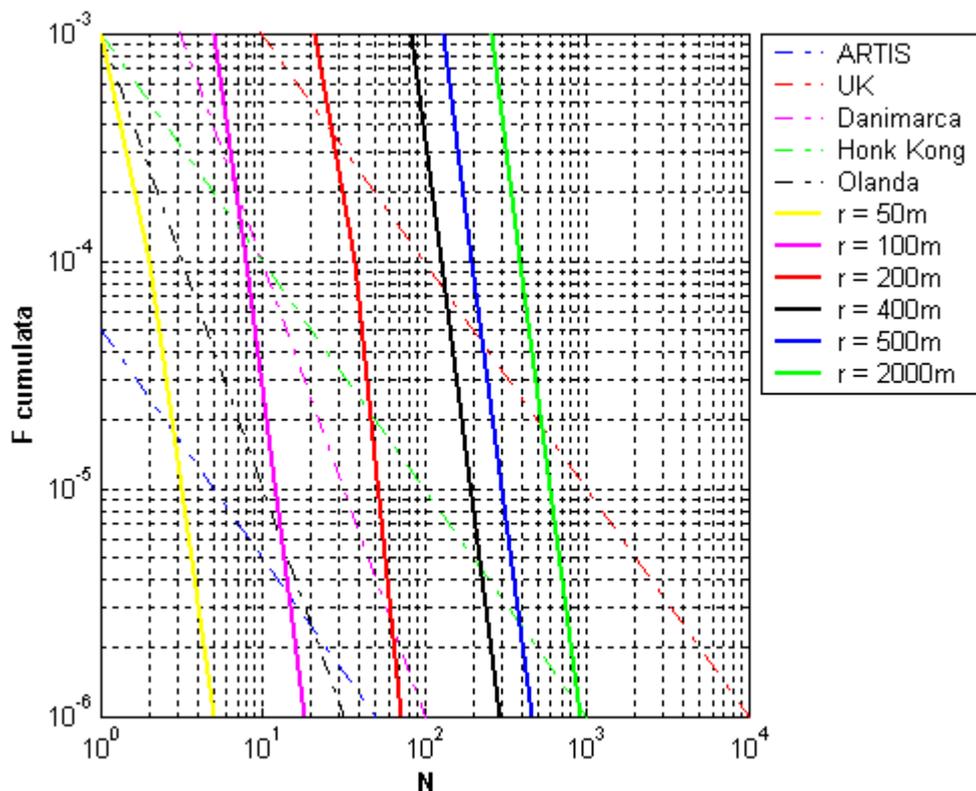


Figura 10. Confronto della curva ipotizzata per il DM 9/5/01 con altri criteri [15, 16, 21, 22, 27, 28]

## CONCLUSIONI

La panoramica proposta ha permesso di individuare i principali criteri di tollerabilità del rischio utilizzati per la valutazione della compatibilità territoriale tra industrie a rischio di incidente rilevante e le aree circostanti. L'utilizzo di un approccio basato sul rischio implica un'analisi di rischio quantitativa che spesso è circondata da incertezze e complessità: proprio per questo motivo i criteri delle linee F-N dovrebbero essere considerati alla stregua di linee guida piuttosto che di criteri restrittivi.

Lo studio ha inoltre evidenziato i criteri impliciti presenti nel nuovo decreto sulla pianificazione territoriale in prossimità di impianti a rischio di incidente rilevante uscito in Italia nel 2001. Dall'analisi, fermo restando il carattere indicativo delle ipotesi poste per le valutazioni, mette in evidenza un criterio di forte avversione al rischio e più vincolante nei confronti di incendio ed esplosioni rispetto al rilascio di sostanze tossiche. Fermo restando la condivisione di una normativa "risk based" si ritiene importante tenere conto delle indicazioni emerse nel presente lavoro qualora si proceda a nuovi sviluppi della normativa vigente.

### Elenco dei simboli e abbreviazioni

RI	Rischio Individuale
RS	Rischio Sociale
ALARP	As Low As Reasonably Practicable, denominazione di una zona in cui può ricadere il rischio collettivo
F-N:	Frequenza Cumulata - Numero di morti, diagramma utilizzato per la rappresentazione del rischio sociale

### BIBLIOGRAFIA

- [1] S.N. Jonkman, P.H.A.J.M. van Gelder, J.K. Vrijling "FLOOD RISK CALCULATED WITH DIFFERENT RISK MEASURES", Department of Civil Engineering, Delft University of Technology, 2001
- [2] M.D. Christou, A. Amendola, M. Smeder "The control of major accident hazard: the land-use planning issue", Journal of Hazardous Materials 65 (1999), pag. 151-178

- [3] M.D. Christou, S.Porter “Guidance on LAND USE PLANNING as required by council directive 96/82/EC (Seveso II)”, EUR 18695 EN, Institute for systems informatics and safety, 1999
- [4] EIGA, “Determination of safety distance”, IGC Doc 75/01/E/rev, 2001
- [5] I.L. Hirst, D.A. Carter “A “worst case” methodology for obtaining a rough but rapid indication of the societal risk from a major accident hazard installation” *Journal of Hazardous Materials A92* (2002) pag. 223–237
- [6] J.Zanting, J.Diunkerken, R.Kuik, R.Bolt, E.Jager “Introduction of an easy to use risk assessment tool for natural gas transmission pipelines” , Gasunie research, ESREL 2003
- [7] D.J. Higson, Nuclear Safety, “Nuclear safety assessment criteria”, Vol.31, No.2 Aprile-giugno 1990
- [8] I.Chem.E., “Nomenclature for Hazard and Risk Assessment in the Process Industries”, Institution on Chemical Engineers, UK, 1992
- [9] R. Kauer, L. Fabbri, R. Giribone, J. Heerings, “Risk acceptance criteria and regulatory aspects”, OMMI (Vol.1 Issue 2) 2002
- [10] P.H. Bottelberghs, “Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands”, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 71, Issues 1-3, 7 (2000) Pag 59-84
- [11] E.Okstad, P.Hokstad, “Risk assessment and use of risk acceptance criteria for the regulation of dangerous substances”, ESREL 2001
- [12] B.J.M. Ale, “Risk assessment practices in The Netherlands”, *Safety Science* 40 (2002) Pag. 105–126
- [13] Edward M. Marszal, “Tolerable risk guidelines”, *ISA Transactions* 40 (2001) Pag.391–399
- [14] HSE, “Health and safety Executive, Reducing risk, protecting people – HSE’s decision making process”, ISBN 0-7176-2151-0, 2001
- [15] HK Planning Department, “Honk Kong Planning Standard & Guidelines”, settembre 2003 ([www.info.gov.hk/planning](http://www.info.gov.hk/planning))
- [16] G.Bello, “I rischi associati ad attività tecnologiche. Criteri di misura e di accettabilità verso un approccio razionale nell’allocazione delle risorse”. Seminario “Rischio e ambiente” 12-13 dicembre 1996
- [17] S.N. Jonkman, P.H.A.J.M. van Gelder, J.K. Vrijling “Societal risk and the concept of risk aversion”, Department of Civil Engineering, Delft University of Technology, 2001
- [18] Evans AW, Verlander NQ “What is wrong with criterion FN-lines for Judging the tolerability of risk”, pepaer presented to HSE, giugno 1996
- [19] J.A. Vilchez, S.Sevilla, H.Montiel, J. Casal, “Historical analysis of accidents in chemical plants and in the traspostation of hazardous materials”, *Journal of Loss Prevention in the process Industries*, Vol.8, No.2 (1995) pag. 87-97
- [20] Banca Dati MIDHAS, HSE
- [21] D.J.Ball, Peter J. Floyd , “Societal Risk”, HSE, 1998
- [22] S.N. Jonkman, P.H.A.J.M. van Gelder, J.K. Vrijling “An overview of quantitative risk measures for loss life and economic damage” , *Journal of Hazardous Materials A99* (2003) pag. 1-30.
- [23] HSE, “Guidance on ‘as low as reasonably practicable’ (ALARP) Decisions in Control Of Major Accident Hazards (COMAH)”, (SPC/Permissioning/12)
- [24] Norsk Hydro ASA and DNV for WP 5.2, “Risk acceptance criteria for hydrogen refuelling stations”, Febbraio 2003
- [25] Ministero dei Lavori Pubblici, Decreto 9 maggio 2001, Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante, pubblicato nel Supplemento Ordinario n.151 alla Gazzetta Ufficiale Italiana n.138 del 16 giugno 2001.
- [26] F.P.Lees, “Loss Prevention in the Process Industries, Butterworth”, 1983, Volume 1, pag. 526
- [27] Regione E.Romagna, “ARIPAR – Analisi e controllo dei Rischi Industriali e Portuali nell’Area di Ravenna”, Novembre 1992, Bologna
- [28] D.Egidi, F.P. Foraboschi, G.Spadoni, A. Amendola, , “The ARIPAR project: analysis of the major accident risks connected with industrial and trasportation activities in the Ravenna area”, *Reliability Engineering and System Safety*, 49 (1995) pag. 75-89
- [29] R.E. Melchers, ,“On the ALARP approach to risk management”, *Realiability Engineering & System Safety*, Volume 71, Issue 2, (2001) Pag 201-208
- [30] *Annuario Statistico Regionale della Regione Piemonte – 2003* ([www.piemonteincifre.it](http://www.piemonteincifre.it))