

# Algoritmi di valutazione del rischio chimico, punti di forza e limiti di applicazione. Il caso dei laboratori chimici



Dott.ssa Eva Pietrantonio



## Definizione di agente chimico pericoloso TITOLO IX Dlgs 81/2008 e 106/09

- Sostanza o preparato/miscela classificato in una delle categorie di pericolo ai sensi del Dlgs 52/97 o del Dlgs 65/2003 e s.m.i. o agenti chimici che **pur non essendo classificati** come pericolosi possono comportare un rischio per la salute e sicurezza dei lavoratori per le **loro proprietà** chimico fisiche, tossicologiche o per **le modalità in cui sono impiegate**

# Valutazione del rischio chimico

- Qualunque strumento operativo o processo venga utilizzato per effettuare la valutazione del rischio agenti chimici pericolosi (**misure, stime, algoritmi**) dovrà tenere conto di tutti i requisiti minimi della VRC previsti dall'art.223 del Dlgs 81/08



# Valutazione del rischio chimico



- a) le loro proprietà pericolose;
- b) le informazioni sulla salute e sicurezza comunicate dal produttore o dal fornitore tramite la relativa scheda di sicurezza predisposta ai sensi dei decreti legislativi 3 febbraio 1997, n. 52 e 16 luglio 1998, n. 285 e successive modifiche;
- c) il livello, il modo e la durata dell'esposizione;
- d) le circostanze in cui viene svolto il lavoro in presenza di tali agenti tenuto conto della quantità delle sostanze e dei preparati che li contengono o li possono generare;
- e) i valori limite di esposizione professionale o i valori limite biologici; di cui un primo elenco è riportato negli allegati XXXVIII e XXXIX;
- f) gli effetti delle misure preventive e protettive adottate o da adottare;
- g) se disponibili, le conclusioni tratte da eventuali azioni di sorveglianza sanitaria già intraprese.



# Valutazione del rischio chimico



- Analisi dei dati presenti nelle SDS e dei dati di letteratura
- Identificazione delle **sostanze**, delle loro proprietà pericolose e dei valori limite di esposizione
- **Modalità di utilizzo** delle sostanze e **quantitativi** (tenendo conto che una sostanza può essere contenuta in più prodotti utilizzati nella stessa fase lavorativa o provenire da prodotti utilizzati nelle vicinanze)
- Definizione dei **tempi** di utilizzo
- **Misure adottate** per ridurre la diffusione e l'assorbimento delle sostanze pericolose
- Valutazione del livello di rischio per la **SALUTE** e per la **SICUREZZA** per ogni sostanza o prodotto, anche con l'ausilio di **modelli** matematici gestiti da software.

# Rischio irrilevante o basso



- **irrilevante** per la salute: livello di rischio lieve
- **basso** per la sicurezza.

La presenza di **cancerogeni** o di **allergizzanti non consente** di definire un livello di rischio irrilevante

- Il giudizio di rischio deve riguardare la salute e la sicurezza



## Nella valutazione del rischio chimico si possono identificare due fasi

**Prima Fase: Identificazione dei PERICOLI**

**Seconda Fase: Valutazione dei RISCHI**

- a. **Preliminare (STIMA)**
- b. **approfondita (misure e modelli)**





Per poter avere rispondenza tra le risposte avute con gli algoritmi le stime e le misure è necessario che si basino stessi criteri



Misure	algoritmi
Identificazione delle sostanze	Applicazione del calcolo sulla sostanza
proprietà chimico fisiche e tossicologiche	proprietà chimico fisiche e tossicologiche
Campionamenti personali	Riconduzione del rischio alla mansione
TLV	Classificazione Etichettatura frasi R
misure specifiche solo per verificare il controllo del rischio	misure specifiche solo per verificare il controllo del rischio





# Criteri per la VRC



- deve essere effettuata sulla mansione ricostruendola da tutte le fasi di lavoro
- Deve essere incentrata preferibilmente sulle sostanze
- Deve considerare tutte le sorgenti di emissione di una stessa sostanza e considerare il reale apporto sull'organismo
- Non deve considerare nel calcolo del rischio le misure specifiche
- Deve riguardare gli effetti sulla salute e sulla sicurezza
- Possedere almeno i requisiti minimi previsti dalla norma



# Modelli



- **La valutazione del rischio ripercorre l'art.223 del dlgs 81/08**
- **Viene effettuata sulla sostanza e sulla mansione**
- **Utilizza dei descrittori che simulano la dispersione delle sostanze nell'ambiente (inal) e il contatto cutaneo valutando:**
- **Quantità**
- **Proprietà chimico fisiche**
- **Modalità di utilizzo**
- **Comportamento delle sostanze**
- **Tipo di lavorazione**
- **Caratteristiche del luogo di lavoro**
- **Proprietà tossicologiche**
- **Valutare anche sostanze non classificate o prodotti di processo**
- **Valutano salute e sicurezza**
- **Definiscono il livello di rischio IRRILEVANTE in assenza delle misure specifiche e consentono di valutare l'efficacia delle misure di prevenzione e protezione adottate (tenendo conto delle misure specifiche) ai fini della caratterizzazione del controllo del rischio**



# ALGORITMO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO PER SALUTE E SICUREZZA

A.R.Chi.Me.D.E. 4.0



$$R_{\text{inal}} = P \times E_{\text{inal}}$$

$$R_{\text{cum}} = \sqrt{R_{\text{inal}}^2 + R_{\text{cute}}^2}$$

$$R_{\text{cute}} = P \times E_{\text{cute}}$$

Il calcolo deve essere fatto **per ogni mansione e per ogni sostanza**

Per ogni sostanza deve essere definito il livello di rischio per la salute per la sicurezza e gli effetti combinati





## Identificazione dell'indice di Pericolosità P

Il metodo per l'individuazione dell'indice di pericolo **P** si basa sulla classificazione delle sostanze e dei preparati pericolosi (**Frase R**).

## Determinazione dell'indice di esposizione E<sub>inal</sub>

L'indice di esposizione per via inalatoria (**E<sub>inal</sub>**) viene determinato attraverso il prodotto

$$E_{inal} = I \times d$$

**I** Intensità dell'esposizione

**d** Distanza del lavoratore dalla sorgente di intensità

**I**





# Indice di esposizione $E_{inal}$

## Determinazione del Sub-indice I (intensità di esposizione)

Comporta l'uso delle seguenti 5 variabili:

1. Proprietà chimico-fisiche
2. Quantità in uso
3. Tipologia d'uso
4. Tipologia di controllo
5. Tempo di esposizione



# 1. Proprietà chimico-fisiche

4 Livelli in ordine crescente di disponibilità in aria, in funzione della volatilità del liquido e della granulometria delle polveri:

- ❖ Stato solido/nebbie
- ❖ Liquidi a bassa volatilità
- ❖ Liquidi ad alta e media volatilità o polveri fini
- ❖ Stato gassoso

# 2. Quantità in uso

- ❖ < 0,1 Kg
- ❖ 0,1 – 1 Kg
- ❖ 1 – 10 Kg
- ❖ 10 – 100 Kg
- ❖ > 100 Kg

$$Q = \sum_i c_i p_i$$





## 3. Tipologia d'uso

- ❖ **Uso in sistema chiuso**: sostanza usata in reattori o contenitori a tenuta stagna. Trasferimenti con tubazioni stagne.
- ❖ **Uso in inclusione in matrice**: sostanza incorporata in materiali che ne limitano o impediscono la dispersione nell'ambiente (es. pellet, dispersione di solidi in acqua, ecc.).
- ❖ **Uso controllato e non dispersivo**: lavorazioni che coinvolgono gruppi limitati di lavoratori; adeguati sistemi di controllo.
- ❖ **Uso con dispersione significativa**: esposizione incontrollata anche per altri lavoratori e per la popolazione in generale (es. irrorazione fitosanitari, vernici, ecc.).







## 4. Tipologia di controllo

- ❖ **Contenimento completo**: ciclo chiuso, esposizione trascurabile.
- ❖ **Ventilazione – aspirazione locale**: rimozione del contaminante alla sorgente, impedendone la dispersione.
- ❖ **Segregazione - separazione**: adozione di metodi e comportamenti adeguati.
- ❖ **Diluizione - ventilazione**: naturale o meccanica, richiede monitoraggio continuativo.
- ❖ **Manipolazione diretta**: lavoratore opera con DPI a diretto contatto con il materiale pericoloso. Esposizioni possono essere elevate.



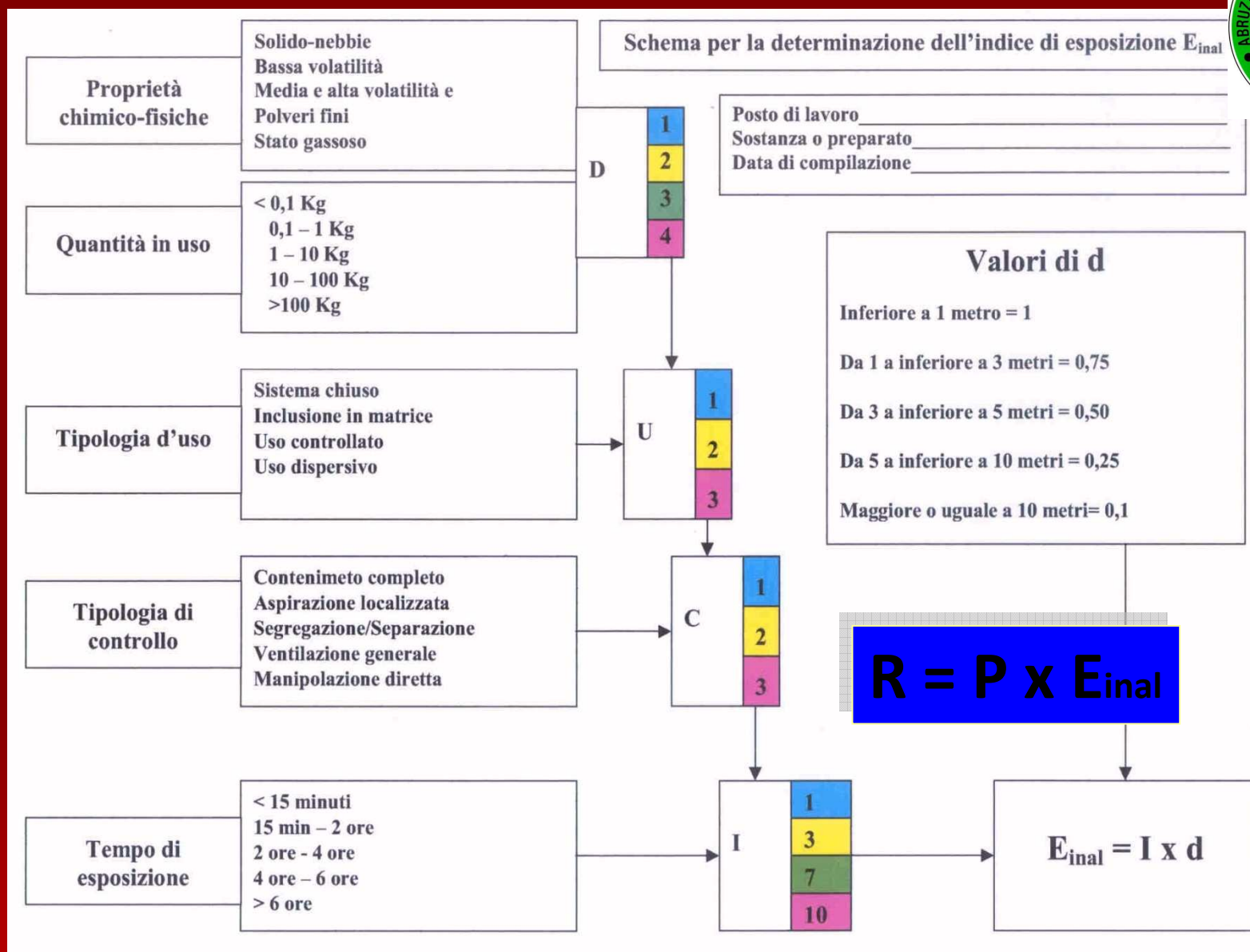
## 5. Tempo di esposizione



- ❖ Inferiore a 15 minuti.
- ❖ Tra 15 minuti e 2 ore.
- ❖ Tra 2 ore e 4 ore.
- ❖ Tra 4 ore e 6 ore.
- ❖ Più di 6 ore.

**Il tempo di esposizione si identifica a livello giornaliero, indipendentemente dalla frequenza d'uso. Se la lavorazione comporta l'uso di più agenti chimici, si considera il tempo complessivo che espone a tutti gli agenti chimici pericolosi.**





# Determinazione dell'indice di esposizione cutanea $E_{cute}$

## 1. Tipologia d'uso

## 2. Livelli di contatto cutaneo

- ❖ Nessun contatto.
- ❖ Contatto accidentale (non più di 1 volta/giorno).
- ❖ Contatto discontinuo (da 2 a 10 contatti/giorno).
- ❖ Contatto esteso (più di 10 contatti/giorno).

	Nessun contatto	Contatto accidentale	Contatto discontinuo	Contatto esteso
Sistema chiuso	Basso	Basso	Medio	Alto
Inclusione in matrice	Basso	Medio	Medio	Alto
Uso controllato	Basso	Medio	Alto	Molto Alto
Uso dispersivo	Basso	Alto	Alto	Molto Alto

Valori da assegnare ad $E_{cute}$	
Basso	$E_{cute} = 1$
Medio	$E_{cute} = 3$
Alto	$E_{cute} = 7$
Molto Alto	$E_{cute} = 10$

$$R = P \times E_{cute}$$



$$R = P \times E_{\text{cute}}$$



### CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SALUTE

Rischio irrilevante per la salute	$0,1 \leq R < 15$	Rischio irrilevante
	$15 \leq R < 21$	Intervallo di incertezza, è necessario analizzare nel dettaglio le misure di prevenzione e protezione adottate per definire il livello di rischio
Rischio non irrilevante per la salute	$21 \leq R < 40$	Rischio non irrilevante
	$40 \leq R < 80$	Rischio elevato
	$R > 80$	Rischio grave, rivalutare ed implementare le misure di prevenzione e protezione, intensificare i controlli quali la sorveglianza sanitaria, i monitoraggi ambientali e personali, la manutenzione



# Rischio per la sicurezza

Rischio basso per la sicurezza:

i requisiti che il luogo di lavoro deve soddisfare affinché il livello di rischio per la sicurezza sia automaticamente basso sono:

- è esclusa la presenza di concentrazioni pericolose di sostanze infiammabili;
- è esclusa la presenza di sostanze chimicamente instabili;
- è esclusa la presenza di fiamme libere fonti di accensione o simili;
- è esclusa la presenza di altri materiali combustibili, comburenti o simili;
- è esclusa la presenza di sostanze facilmente volatili (temperatura di ebollizione inferiore a 65°C) ed infiammabili;
- la classificazione del luogo di lavoro ai fini del rischio incendio, è a rischio di incendio basso, secondo il D.M. 10/03/1998.
- È esclusa la presenza di sostanze corrosive



# Vantaggi e criticità: dei modelli



- Uso di algoritmi ponderali che quantificano gli effetti chimico-fisici e tossicologici dei vari agenti chimici pericolosi
- Tali modelli richiedono comunque delle valutazioni di controllo ed opportune modulazioni dei coefficienti applicati per definire correttamente i livelli di rischio
- Uso di database che considerano l'etichettatura
- Seleziona le frasi di rischio per la valutazione in modo gerarchico
- Consente la valutazione per singola sostanza
- Consente di definire correttamente il protocollo sanitario e il monitoraggio ambientale e i DPI



## EFFETTI DOVUTI ALLE MULTI ESPOSIZIONI



Gli effetti sulla salute e sulla sicurezza delle singole sostanze possono essere molto diversi rispetto agli effetti combinati tra più sostanze.

Nei monitoraggi ambientali degli inquinanti il confronto degli effetti multipli viene effettuato attraverso il confronto delle concentrazioni rilevate dei singoli valori limite dalla formula del valore limite miscela

È possibile valutare gli effetti sulla salute determinate a esposizioni multiple di diverse sostanze valutando l'azione sugli organi bersaglio.

Vengono rilevate e sostanze che agiscono sullo stesso organo bersaglio e si applica l'algoritmo scelto come se su quell'organo agisse un'unica sostanza (la più pericolosa tra tutte quelle che agiscono) nelle peggiori condizioni di impiego



## EFFETTI DOVUTI ALLE MULTI ESPOSIZIONI SULLA SALUTE



Tale valutazione di tipo cautelativo favorisce la definizione corretta del protocollo sanitario, qualora emerga negli effetti cumulativi un livello di rischio non irrilevante sarà già evidente per il medico competente l'organo che deve essere sottoposto a controllo attraverso esami clinici



# OBIETTIVO

Rischio dovuto all'esposizione  
ad agenti chimici pericolosi



Laboratori di  
ricerca universitaria



**valutazione**

**gestione**

salute

sicurezza

salute

livello di rischio  
*irrilevante -  
non irrilevante*

livello di rischio  
*basso -  
non basso*

rischio  
*sotto controllo  
o meno*

- modello di calcolo matematico (*per valutazione rischio e gestione*)
  - misure ambientali (*per gestione rischio*)

# L' algoritmo scelto: A.r.chi.me.d.e. ver. 4.0



$$R = P \times E$$

## Parametri:

- quantità utilizzate
- tempo di esposizione
- modalità d'uso
- Distanza dalla sorgente
- Proprietà chimico fisiche e tossicologiche
- Tipo di esposizione

toluene

Rischio Salute Rischio Sicurezza Misure di protezione

Quantità in uso

Quantità giornaliera usata -- Selezionare una voce --

oppure

Quantità relativa a diversi preparati nei quali è presente la sostanza

Tipologia d'uso

Tipologia di controllo

Tempo di esposizione

Distanza d'uso

Tipo di esposizione cutanea

## Caratteristiche:

- valutazione per singola sostanza e per singola mansione
- valutazione del rischio per la salute e per la sicurezza
- valutazione del livello di rischio che non tenga conto delle misure specifiche (*art.225*) ma solo di quelle generali (*art.224*)
- valutazione degli effetti cumulativi (*art. 223 c. 3*)



# I laboratori di ricerca universitaria



➤ ICP-MS/OES

➤ Spettrometria di massa

➤ Sintesi organica

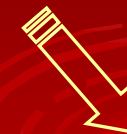


✓ utilizzo di un elevato numero di sostanze chimiche



✓ sostanze non tutte classificate secondo la normativa vigente

*DD.Lgs. 52/97 e 65/03*



*Reg. CLP*



## Considerazioni sulla valutazione del rischio salute

✓ sostanze che per la loro classificazione di pericolosità portano ad un rischio “non irrilevante”

- labo ICP-MS (platino cloruro-R42/43)
- labo preparativa sez. droghe (cocaina-R43)



✓ sostanze classificate cancerogene/mutagene.  
Non si applica il concetto di rischio “irrilevante”  
ma si applica il Capo II Tit. IX D.Lgs. 81/08

- labo ICP-MS (diarsenico triossido-R45;  
cromato di potassio-R46/49; dinitrato di nichel-R49)
- labo sintesi organica (benzene-R45/46;  
idrazina anidra-R45; solfato dimetilico-R45)





# I laboratori di ricerca universitaria



## Laboratorio ICP-MS/OES - valutazione del rischio

### ➤ ICP-MS/OES



- cromato di potassio (R 43 - R 46 - R 49)
- diarsenico triossido (R 45)
- dinitrato di nichel (R42/43 - R 49)
- platino cloruro (R 42/43)

AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE			SOGLIA DI RISCHIO	RISCHIO SICUREZZA
	R <sub>INAL</sub>	R <sub>CUTE</sub>	R <sub>TOT</sub>		
acido cloridrico 30%	36,38	14,55	39,18	Non Irrilevante	Basso
acido fluoridrico 40%	49,88	28,50	57,44	Non Irrilevante	Basso
acido nitrico 65%	43,88	17,55	47,25	Non Irrilevante	Basso
alluminio nitrato nonaidrato	6,19	8,25	10,31	Irrilevante	Basso
antimonio	3,11	12,45	12,83	Irrilevante	Basso
argento	6,19	8,25	10,31	Irrilevante	Basso
bario	9,34	12,45	15,56	Irrilevante	Basso
bismuto	10,91	14,55	18,19	Irrilevante	Basso
boro	3,94	5,25	6,56	Irrilevante	Basso
cadmio nitrato	10,13	13,50	16,88	Irrilevante	Basso
cesio	18,00	24,00	30,00	Non Irrilevante	Basso
cobalto	6,19	8,25	10,31	Irrilevante	Basso
cromo nitrato nonaidrato	2,06	8,25	8,50	Irrilevante	Basso
ferro	7,65	10,20	12,75	Irrilevante	Basso
litio	5,63	7,50	9,38	Irrilevante	Basso
manganese dinitrato idrato	6,75	9,00	11,25	Irrilevante	Basso
mercurio	15,75	21,00	26,25	Non Irrilevante	Basso
molibdeno	15,70	21,00	26,25	Non Irrilevante	Basso
oro	18,00	24,00	30,00	Non Irrilevante	Basso
palladio	18,00	24,00	30,00	Non Irrilevante	Basso
perossido di idrogeno 30%	13,16	5,85	14,40	Irrilevante	Non Basso (*)
piombo nitrato	22,50	30,00	37,50	Non Irrilevante	Basso
potassio acetato	7,43	23,10	24,26	Non Irrilevante	Basso
rame nitrato (ico)	6,19	8,25	10,31	Irrilevante	Basso
rubidio	10,91	14,55	18,19	Irrilevante	Basso
selenio acido	16,31	21,75	27,19	Non Irrilevante	Basso
silicio (NH <sub>4</sub> NH <sub>4</sub> SiF <sub>6</sub> )	18,00	24,00	30,00	Non Irrilevante	Basso
stronzio	7,65	10,20	12,75	Irrilevante	Basso
tallio nitrato	19,69	26,25	32,81	Non Irrilevante	Basso
tellurio	18,00	24,00	30,00	Non Irrilevante	Basso
vanadio	19,13	25,50	31,88	Non Irrilevante	Basso
zinco nitrato esaidrato	7,65	10,20	12,75	Irrilevante	Basso
zolfo (ammonio solfato)	3,94	5,25	6,56	Irrilevante	Basso





# I laboratori di ricerca universitaria



## Laboratorio ICP-MS/OES - valutazione del rischio

### ➤ ICP-MS/OES



#### *Misure di riduzione del rischio*

Per la corretta gestione del rischio chimico, per i soli casi in cui l'indice di rischio potenziale risulta non irrilevante per la salute e non basso per la sicurezza, sono stati adottati provvedimenti quali:

- progettazione di appropriati processi lavorativi e controlli tecnici, nonché uso di attrezzature e materiali adeguati;
- appropriate misure organizzative e di protezione collettive alla fonte del rischio;
- misure di protezione individuali, compresi i DPI;
- sorveglianza sanitaria dei lavoratori.
- guanti in lattice naturale, protezione classe 1 (tempo di permeazione > 10 min);
- guanti in nitrile, protezione categoria rischio III, resistenti ai seguenti prodotti chimici: basi organiche (diethylamina), basi inorganiche (idrossido di sodio al 40%) e acidi minerali inorganici (acido solforico), per i quali è stato ottenuto un tempo di permeazione di almeno 30 min; resistenza batteriologica;
- occhiali di protezione a stanghetta



# I laboratori di ricerca universitaria

gestione del rischio residuo, con misure specifiche di prevenzione e protezione

## ➤ ICP-MS/OES



AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE			GESTIONE DEL RISCHIO
	R <sub>INAL</sub>	R <sub>CUTE</sub>	R <sub>TOT</sub>	
acido cloridrico 30%	25,46	4,85	25,92	misure insufficienti
acido fluoridrico 40%	21,38	9,50	23,39	misure insufficienti
acido nitrico 65%	30,71	5,85	31,26	misure insufficienti
alluminio nitrato nonaidrato	2,06	2,75	3,44	rischio sotto controllo
antimonio	3,11	4,15	5,19	rischio sotto controllo
argento	2,06	2,75	3,44	rischio sotto controllo
bario	3,11	4,15	5,19	rischio sotto controllo
bismuto	3,64	4,85	6,06	rischio sotto controllo
boro	1,31	1,75	2,19	rischio sotto controllo
cadmio nitrato	3,38	4,50	5,63	rischio sotto controllo

AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE			GESTIONE DEL RISCHIO
	R <sub>INAL</sub>	R <sub>CUTE</sub>	R <sub>TOT</sub>	
cesio	6,00	8,00	10,00	rischio sotto controllo
cobalto	2,06	2,75	3,44	rischio sotto controllo
cromo nitrato nonaidrato	2,06	2,75	3,44	rischio sotto controllo
ferro	2,55	3,40	4,25	rischio sotto controllo
litio	1,88	2,50	3,13	rischio sotto controllo
manganese dinitrato idrato	2,25	3,00	3,75	rischio sotto controllo
mercurio	5,25	7,00	8,75	rischio sotto controllo
molibdeno	5,25	7,00	8,75	rischio sotto controllo
oro	6,00	8,00	10,00	rischio sotto controllo
palladio	6,00	8,00	10,00	rischio sotto controllo
perossido di idrogeno 30%	4,39	5,85	7,31	rischio sotto controllo
piombo nitrato	7,50	10,00	12,50	rischio sotto controllo
potassio acetato	2,48	3,30	4,13	rischio sotto controllo
rame nitrato (ico)	2,06	2,75	3,44	rischio sotto controllo
rubidio	3,64	4,85	6,06	rischio sotto controllo
selenio acido	5,44	7,25	9,06	rischio sotto controllo
silicio (NH <sub>4</sub> NH <sub>4</sub> SiF <sub>6</sub> )	6,00	8,00	10,00	rischio sotto controllo
stronzio	2,55	3,40	4,25	rischio sotto controllo
tallio nitrato	6,56	8,75	10,94	rischio sotto controllo
tellurio	6,00	8,00	10,00	rischio sotto controllo
vanadio	6,38	8,50	10,63	rischio sotto controllo
zinco nitrato esaidrato	2,55	3,40	4,25	rischio sotto controllo
zolfo (ammonio solfato)	1,31	1,75	2,19	rischio sotto controllo

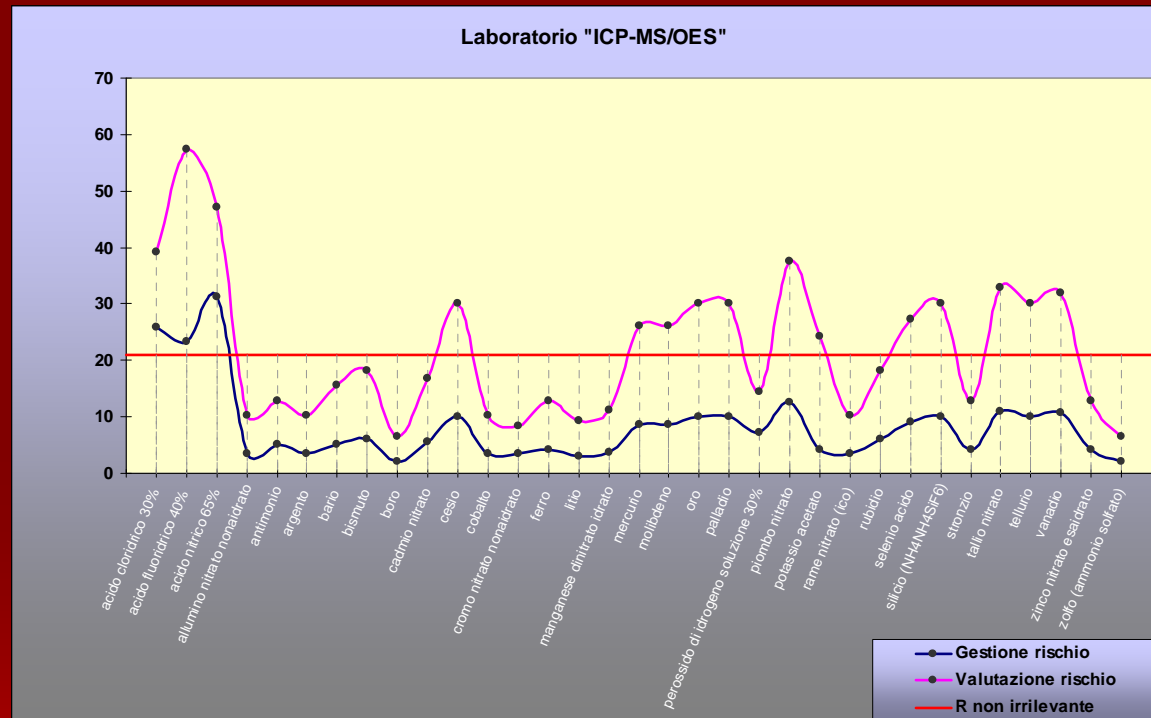


# I laboratori di ricerca universitaria

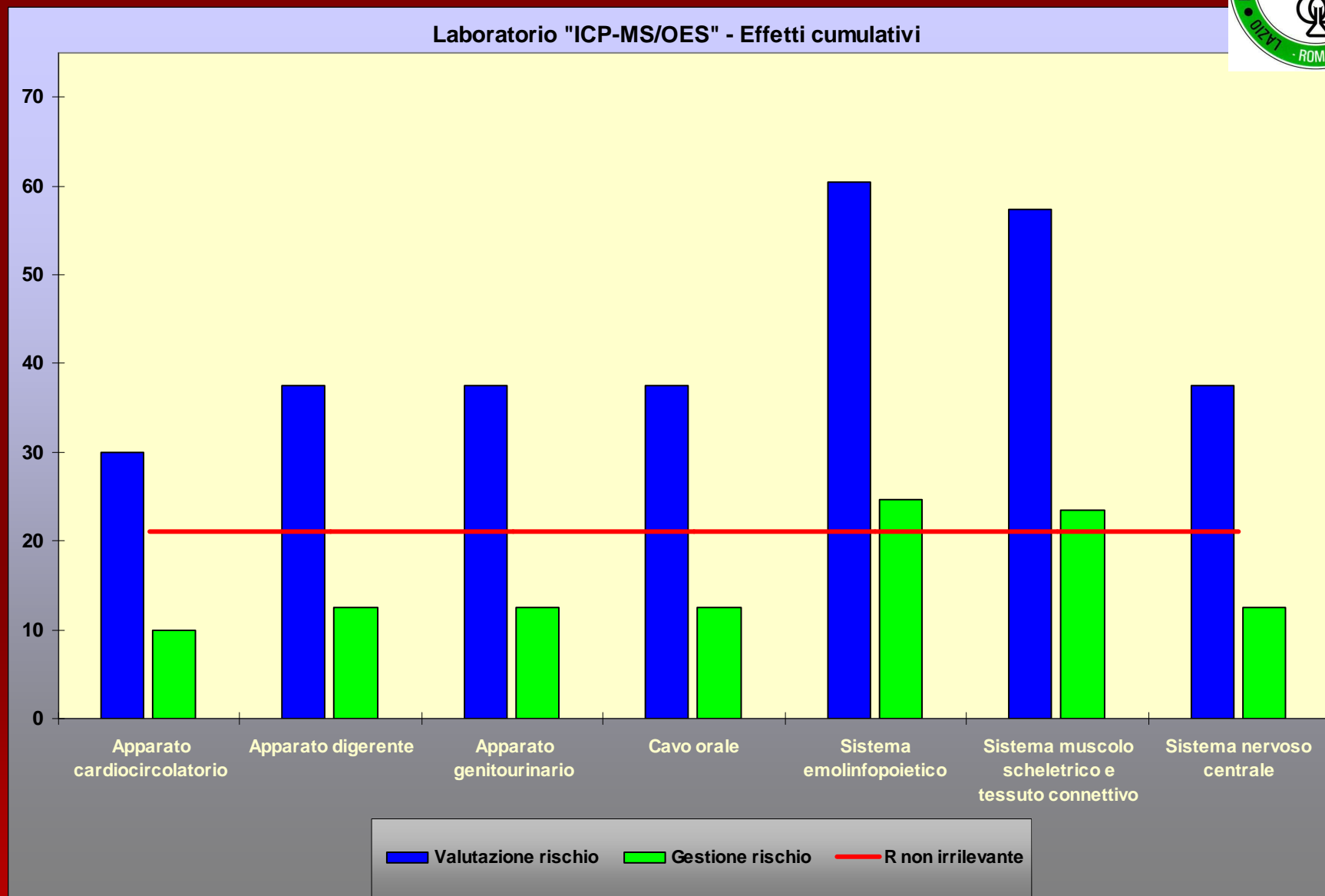


## ➤ ICP-MS/OES

- confronto con l'efficacia delle misure di prevenzione e protezione adottate



## Laboratorio ICP-MS/OES - valutazione degli effetti cumulativi



# I laboratori di ricerca universitaria

## ➤ Spettrometria di massa



**Laboratorio  
Spettrometria di  
massa “  
preparativa” -  
valutazione del  
rischio**

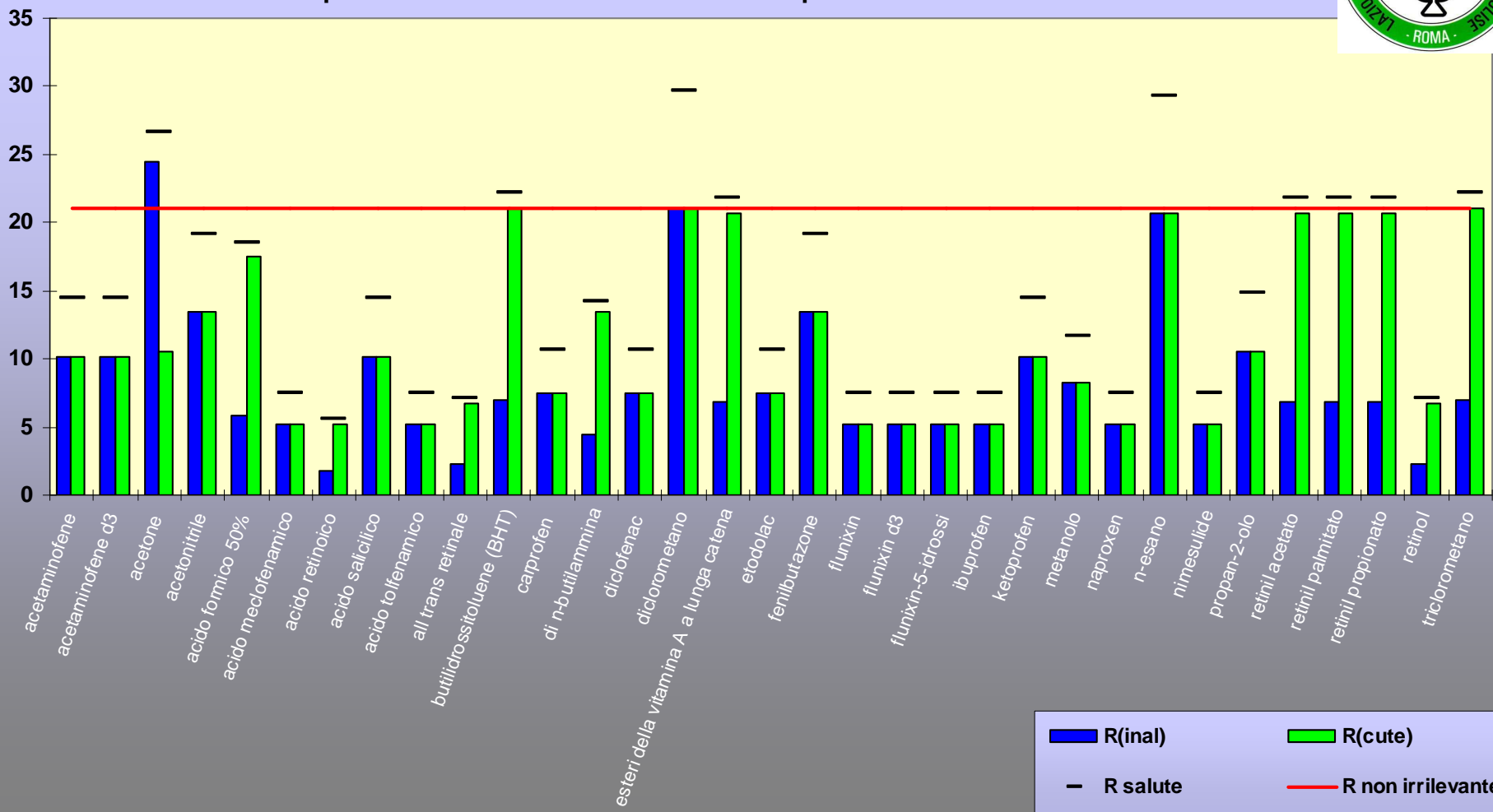
AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE			SOGLIA DI RISCHIO	SICUREZZA
	R <sub>INAL</sub>	R <sub>CUTE</sub>	R <sub>TOT</sub>		
acetaminofene	10,20	10,20	14,42	Irrilevante	Basso
acetaminofene d3	10,20	10,20	14,42	Irrilevante	Basso
acetone	24,50	10,50	26,66	Non Irrilevante	Non Basso (*)
acetonitrile	13,50	13,50	19,09	Irrilevante	Non Basso (*)
acido formico 50%	5,85	17,55	18,50	Irrilevante	Basso
acido meclofenamico	5,25	5,25	7,42	Irrilevante	Basso
acido retinoico	1,75	5,25	5,53	Irrilevante	Basso
acido salicilico	10,20	10,20	14,42	Irrilevante	Basso
acido tolfenamico	5,25	5,25	7,42	Irrilevante	Basso
all trans retinale	2,25	6,75	7,12	Irrilevante	Basso
butilidrossitoluene (BHT)	7,00	21,00	22,14	Non Irrilevante	Basso
carprofen	7,50	7,50	10,61	Irrilevante	Basso
di n-butilammina	4,50	13,50	14,23	Irrilevante	Basso
diclofenac	7,50	7,50	10,61	Irrilevante	Basso
diclorometano	21,00	21,00	29,70	Non Irrilevante	Basso
esteri della vit.A a lunga catena	6,90	20,70	21,82	Non Irrilevante	Basso
etodolac	7,50	7,50	10,61	Irrilevante	Basso
fenilbutazone	13,50	13,50	19,09	Irrilevante	Basso
flunixin	5,25	5,25	7,42	Irrilevante	Basso
flunixin d3	5,25	5,25	7,42	Irrilevante	Basso
flunixin-5-idrossi	5,25	5,25	7,42	Irrilevante	Basso
ibuprofen	5,25	5,25	7,42	Irrilevante	Basso
ketoprofen	10,20	10,20	14,42	Irrilevante	Basso
metanolo	8,25	8,25	11,67	Irrilevante	Non Basso (*)
naproxen	5,25	5,25	7,42	Irrilevante	Basso
n-esano	20,70	20,70	29,27	Non Irrilevante	Basso
nimesulide	5,25	5,25	7,42	Irrilevante	Basso
propan-2-olo	10,50	10,50	14,85	Irrilevante	Non Basso (*)
retinil acetato	6,90	20,70	21,82	Non Irrilevante	Basso
retinil palmitato	6,90	20,70	21,82	Non Irrilevante	Basso
retinil propionato	6,90	20,70	21,82	Non Irrilevante	Basso
retinol	2,25	6,75	7,12	Irrilevante	Basso
triclorometano	7,00	21,00	22,14	Non Irrilevante	Basso

Algoritmi di valutazione del rischio chimico, punti di forza e limiti di applicazione. Il caso dei laboratori chimici ARCHIMEDE 4.0

# Laboratorio Spettrometria di massa "preparativa" - valutazione rischio salute

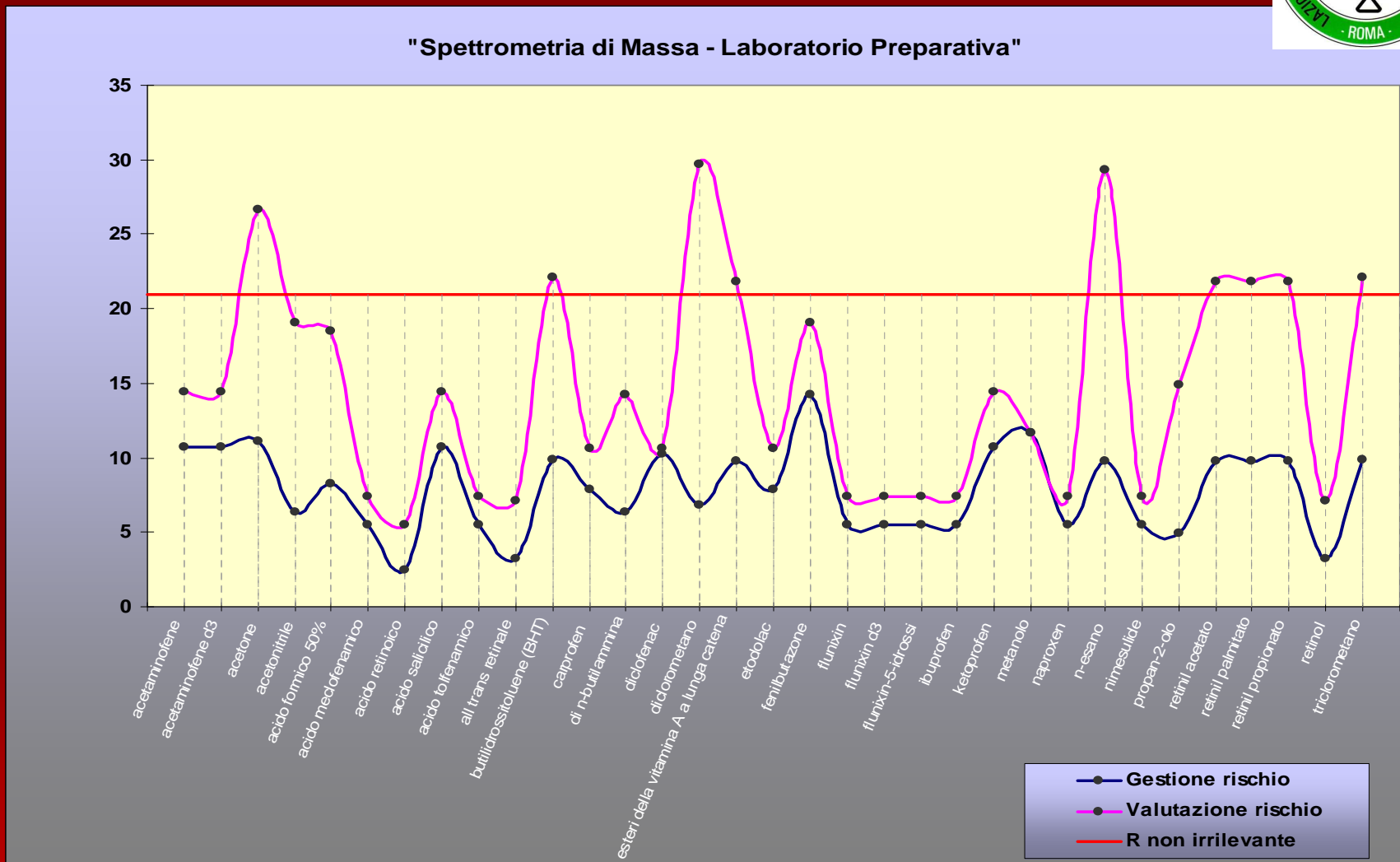


"Spettrometria di Massa - Laboratorio Preparativa" - Valutazione del rischio



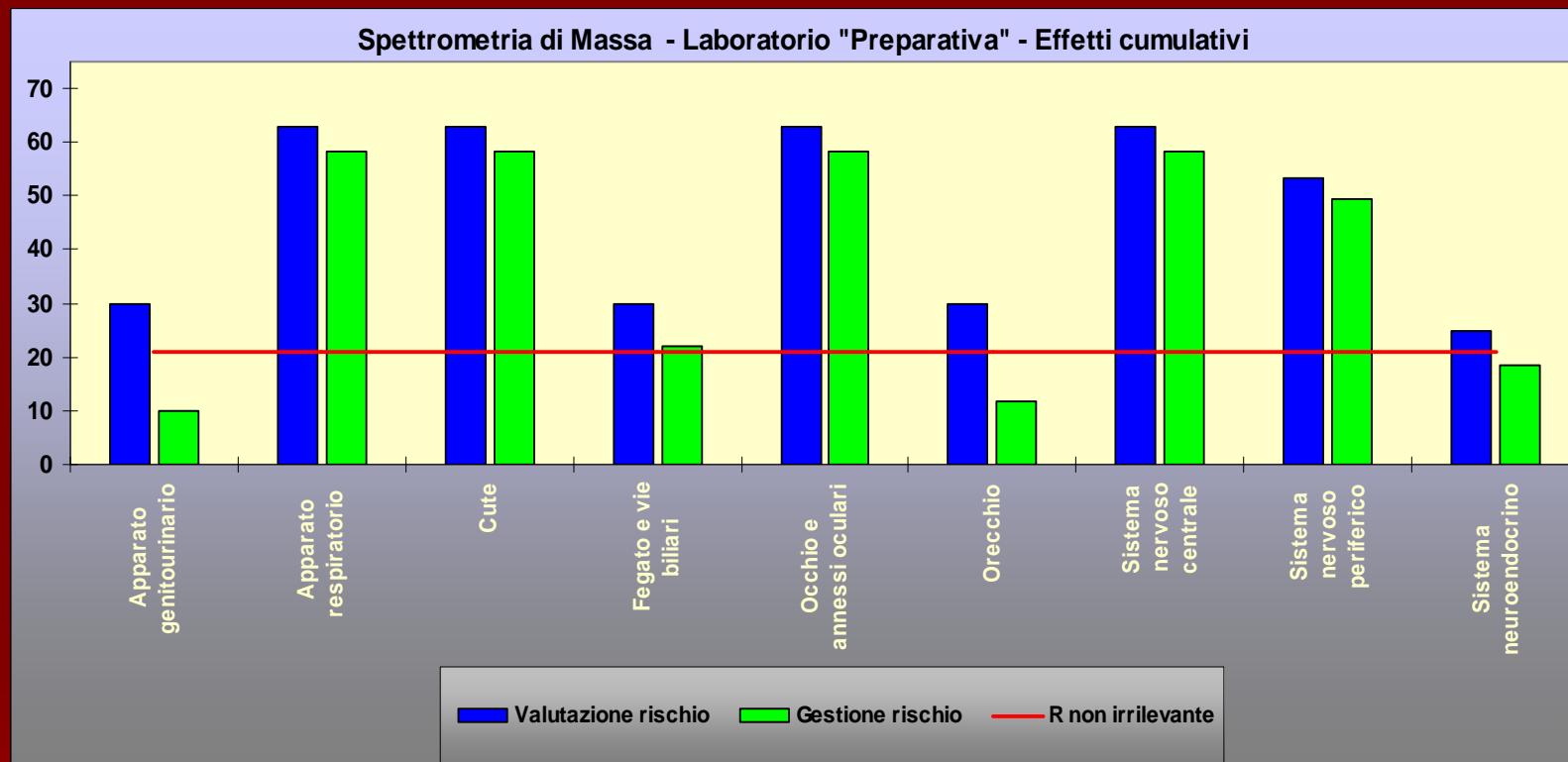


# Laboratorio Spettrometria di massa “preparativa” efficacia delle misure specifiche di prevenzione e protezione (rischio sotto controllo)





## Laboratorio Spettrometria di massa "preparativa" azione delle sostanze sugli organi bersaglio



I risultati mostrano che anche considerando le basse dosi, esistono effetti combinati su degli organi che meritano attenzione e per i quali è necessario informare il Medico competente.



# I laboratori di ricerca universitaria

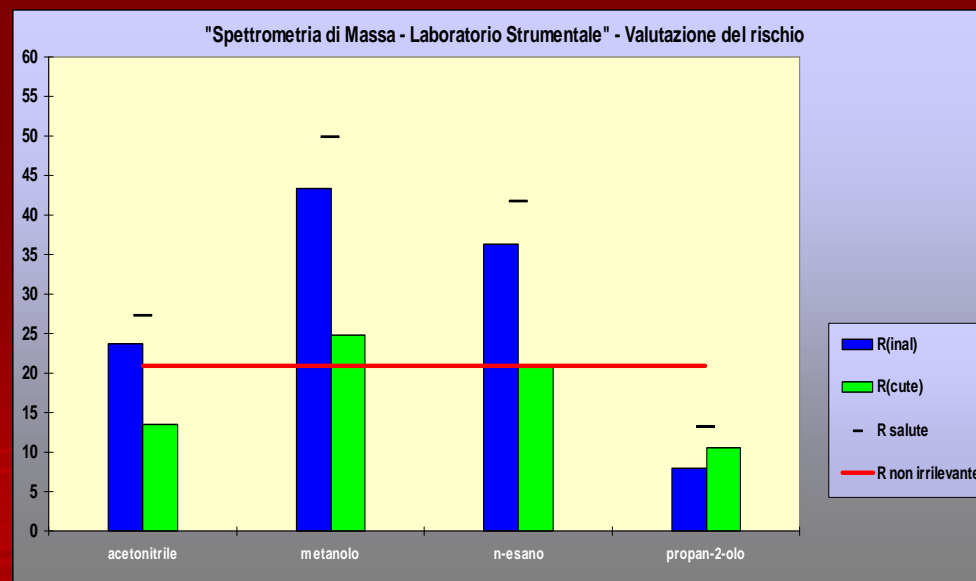


## ➤ Spettrometria di massa



**Laboratorio  
Spettrometria di  
massa  
"strumentale" -  
valutazione del  
rischio**

AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE			SOGLIA DI RISCHIO	RISCHIO O SICUREZZA
	R <sub>INAL</sub>	R <sub>CUTE</sub>	R <sub>TOT</sub>		
acetonitrile	23,63	13,50	27,21	Non Irrilevante	Basso
metanolo	43,31	24,75	49,89	Non Irrilevante	Basso
n-esano	36,23	20,70	41,72	Non Irrilevante	Basso
propan-2-olo	7,88	10,50	13,13	Irrilevante	Basso



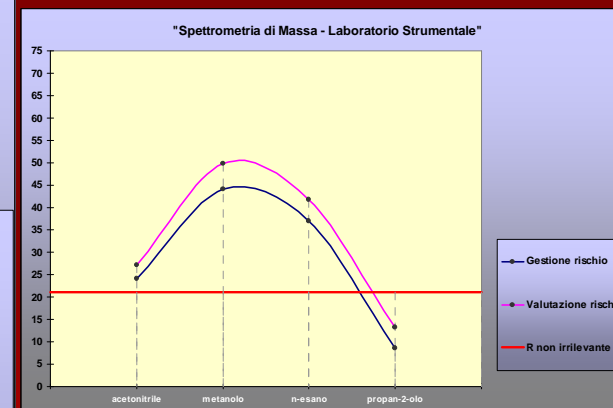
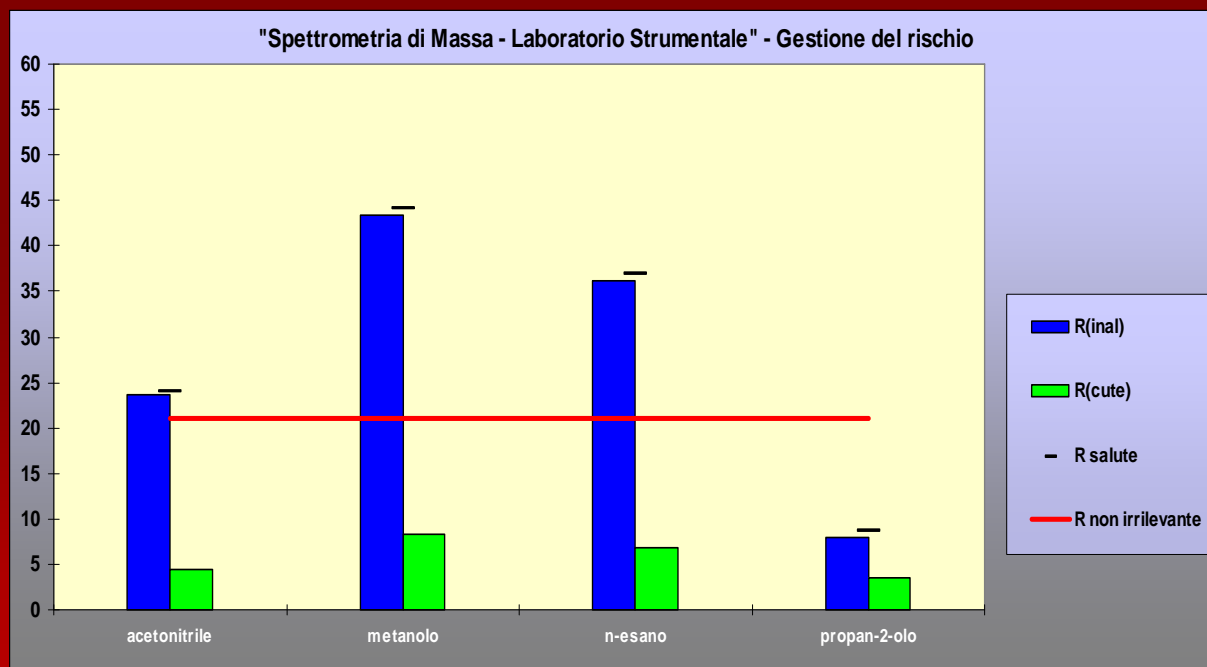
# Laboratorio Spettrometria di massa "strumentale" gestione del rischio residuo, con misure specifiche di prevenzione e protezione in atto



AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE			GESTIONE DEL RISCHIO
	$R_{INAL}$	$R_{CUTE}$	$R_{TOT}$	
acetonitrile	23,63	4,50	24,05	misure insufficienti
metanolo	43,31	8,25	44,09	misure insufficienti
n-esano	36,23	6,90	36,88	misure insufficienti
propan-2-olo	7,88	3,50	8,62	rischio sotto controllo

Misure insufficienti

## Laboratorio Spettrometria di massa "strumentale" - gestione rischio salute



# I laboratori di ricerca universitaria



## ➤ Spettrometria di massa



**Laboratorio  
Spettrometria di  
massa  
“preparativa  
droghe” -  
valutazione del  
rischio**

AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE				RISCHIO SICUREZZA
	R <sub>INAL</sub>	R <sub>CUTE</sub>	R <sub>TOT</sub>	SOGLIA DI RISCHIO	
6 monoacetilmorfina (6 MAM)	9,50	28,50	30,04	Non Irrilevante	Basso
acetato di etile	3,50	10,50	11,07	Irrilevante	Non Basso (*)
acetone	3,50	10,50	11,07	Irrilevante	Non Basso (*)
acetonitrile	13,50	13,50	19,09	Irrilevante	Non Basso (*)
acido formico 50%	5,85	17,55	18,50	Irrilevante	Basso
ammoniaca 30%	4,85	14,55	15,34	Irrilevante	Basso
ammonio formiato	3,40	10,20	10,75	Irrilevante	Basso
anfetamina	3,00	6,25	19,76	Irrilevante	Basso
anfetamina d6	9,50	28,50	30,04	Non Irrilevante	Basso
benzoilecgonina (BEG)	2,50	7,50	7,91	Irrilevante	Basso
benzoilecgonina d3	2,50	7,50	7,91	Irrilevante	Basso
cloruro di idrogeno	7,00	21,00	22,14	Non Irrilevante	Basso
codeina	1,75	5,25	5,53	Irrilevante	Basso
diclorometano	7,00	21,00	22,14	Non Irrilevante	Basso
idrossido di potassio	5,85	17,55	18,50	Irrilevante	Basso
idrossido di sodio	5,85	17,55	18,50	Irrilevante	Basso
3,4-metilendioossiamfetamina	3,40	10,20	10,75	Irrilevante	Basso
3,4-metilenediossietilamfetami	3,40	10,20	10,75	Irrilevante	Basso
3,4-metilendioossimetanfetamina	3,40	10,20	10,75	Irrilevante	Basso



# I laboratori di ricerca universitaria



## ➤ Spettrometria di massa

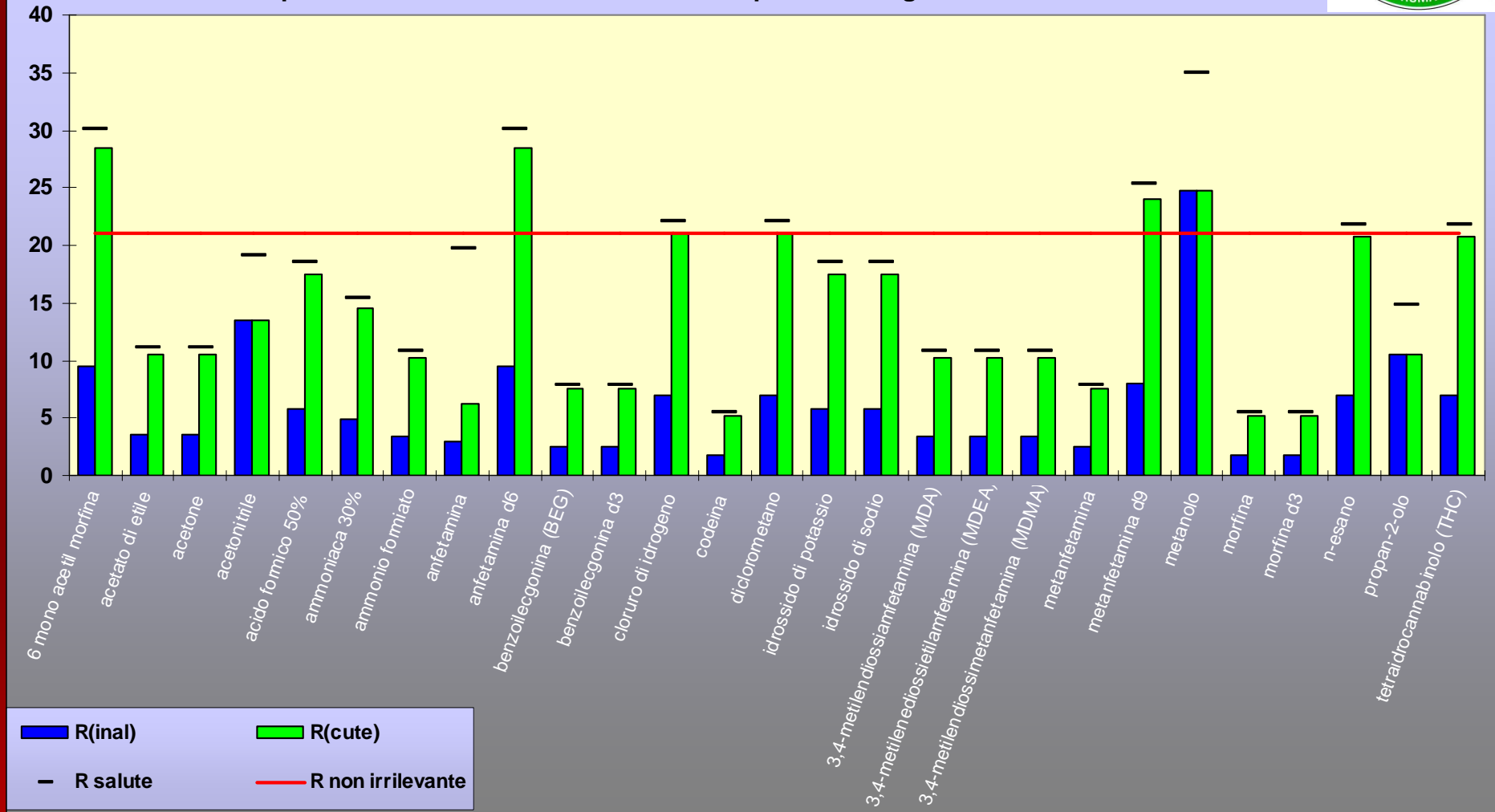


**Laboratorio  
Spettrometria di  
massa  
“preparativa  
droghe” -  
valutazione del  
rischio**

AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE				RISCHIO SICUREZZA
	$R_{INAL}$	$R_{CUTE}$	$R_{TOT}$	SOGLIA DI RISCHIO	
metanfetamina	2,50	7,50	7,91	Irrilevante	Basso
metanfetamina d9	8,00	24,00	25,30	Non Irrilevante	Basso
metanolo	24,75	24,75	35,00	Non Irrilevante	Non Basso (*)
morfina	1,75	5,25	5,53	Irrilevante	Basso
morfina d3	1,75	5,25	5,53	Irrilevante	Basso
n-esano	6,90	20,70	21,82	Non Irrilevante	Basso
propan-2-olo	10,50	10,50	14,85	Irrilevante	Non Basso (*)
tetraidrocannabinolo (THC)	6,90	20,70	21,82	Non Irrilevante	Basso
6 mono acetil morfina	9,50	28,50	30,04	Non Irrilevante	Basso



## "Spettrometria di Massa - Laboratorio Preparativa Droghe" - Valutazione del rischio

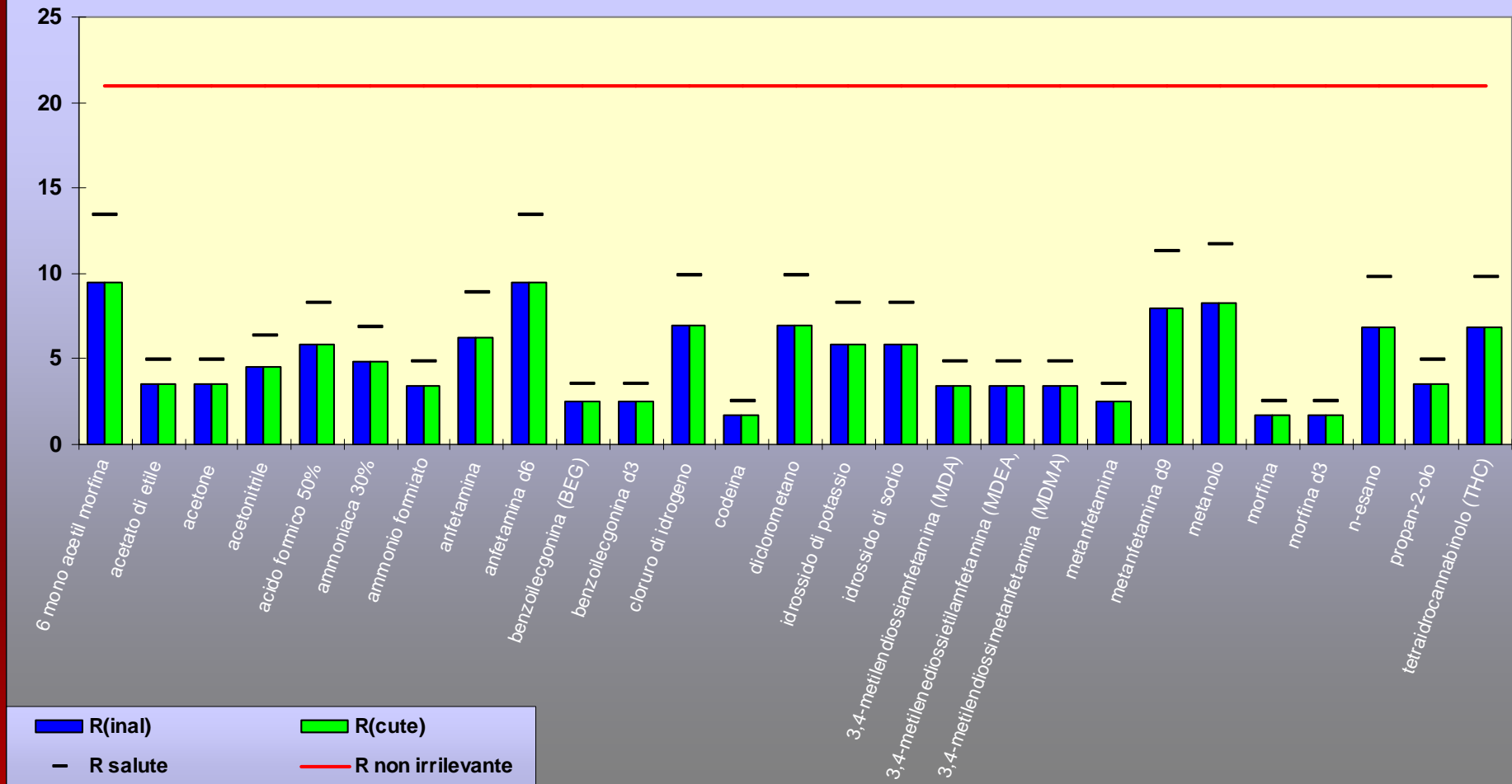




# Laboratorio Spettrometria di massa "preparativa droghe" - gestione del rischio salute

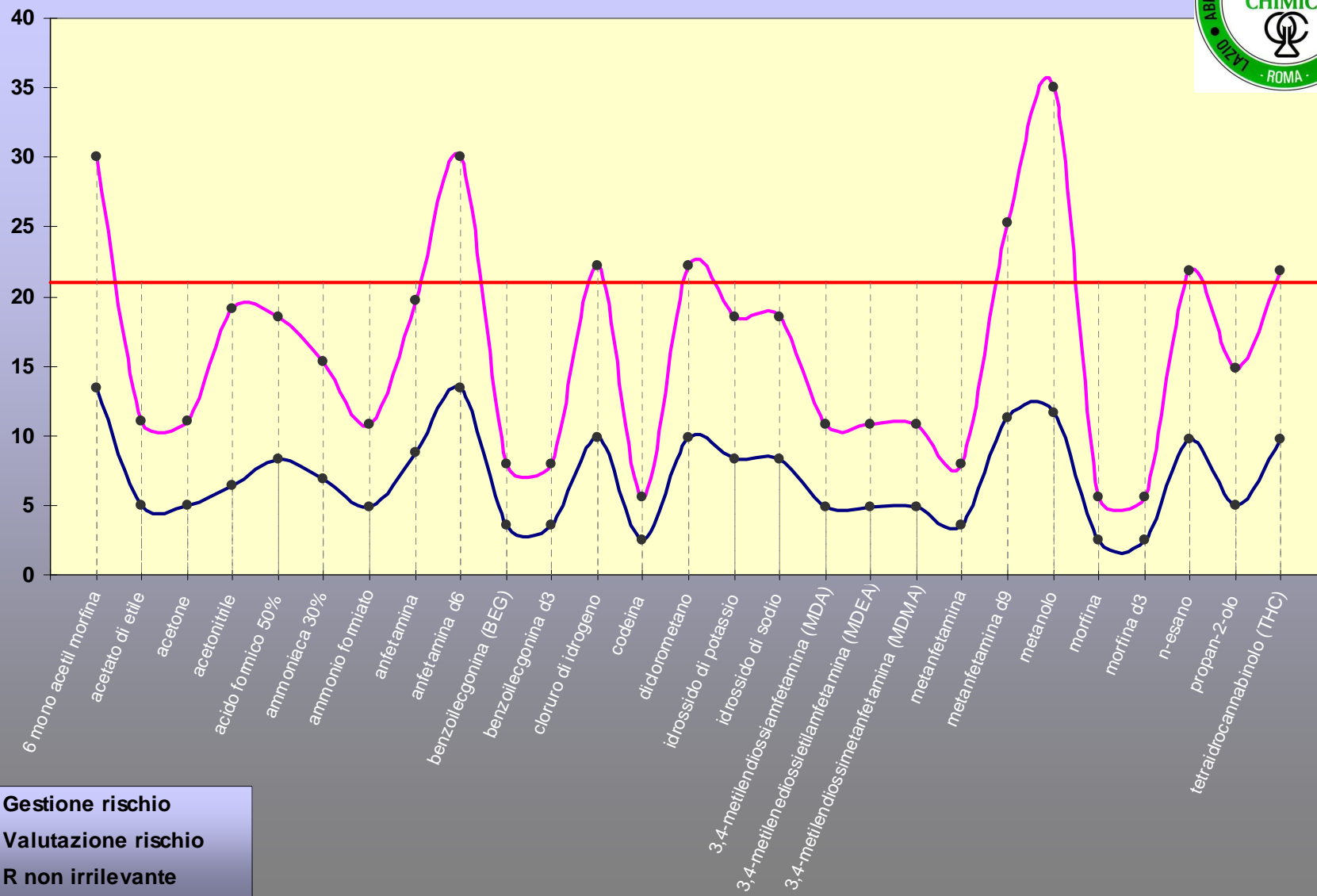


"Spettrometria di Massa - Laboratorio Preparativa Droghe" - Gestione del rischio





## "Spettrometria di Massa - Laboratorio Preparativa Droghe"



## *Laboratorio Spettrometria di massa “preparativa droghe” valutazione degli effetti cumulativi*



ORGANI BERSAGLIO	R SALUTE (VALUTAZIONE)	R SALUTE (GESTIONE)	NOTE
Apparato genitourinario	rischio non irrilevante	rischio sotto controllo	/
Apparato respiratorio	rischio non irrilevante	rischio non trascurabile	Sostanze con R 43
Cute	rischio non irrilevante	rischio non trascurabile	Sostanze con R 43
Fegato e vie biliari	rischio non irrilevante	rischio sotto controllo	/
Occhio e annessi oculari	rischio non irrilevante	rischio non trascurabile	Sostanze con R 43
Orecchio	rischio non irrilevante	rischio sotto controllo	/
Sistema nervoso centrale	rischio non irrilevante	rischio non trascurabile	Sostanze con R 43
Sistema nervoso periferico	rischio non irrilevante	rischio non trascurabile	Sostanze con R 43
Sistema neuroendocrino	rischio irrilevante	rischio sotto controllo	/



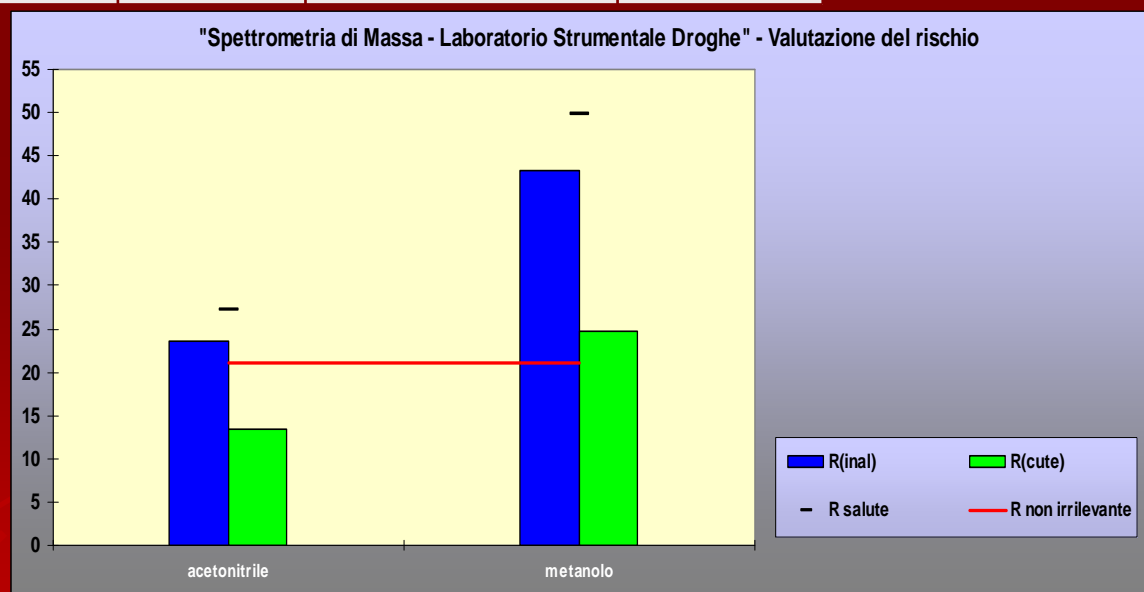
# I laboratori di ricerca universitaria

## ➤ Spettrometria di massa



AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE			SOGLIA DI RISCHIO	RISCHI O SICUREZZA
	$R_{INAL}$	$R_{CUTE}$	$R_{TOT}$		
acetonitrile	23,63	13,50	27,21	Non Irrilevante	Basso
metanolo	43,31	24,75	49,89	Non Irrilevante	Basso

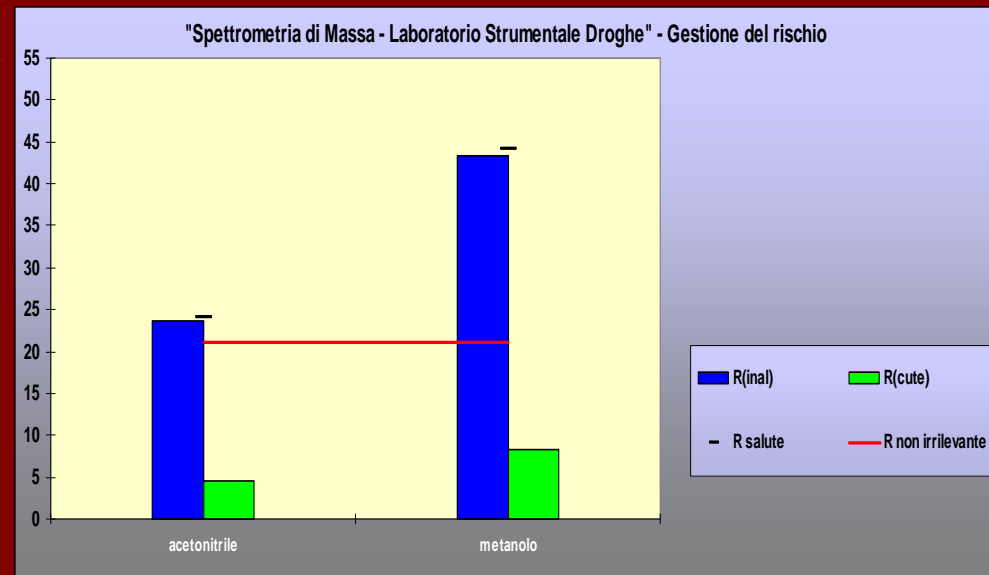
**Laboratorio Spettrometria di massa "strumentale droghe" - valutazione del rischio**



# Laboratorio Spettrometria di massa “strumentale droghe” - gestione del rischio salute



AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE			GESTIONE DEL RISCHIO
	R <sub>INAL</sub>	R <sub>CUTE</sub>	R <sub>TOT</sub>	
acetonitrile	23,63	4,50	24,05	misure insufficienti
metanolo	43,31	8,25	44,09	misure insufficienti



le misure di prevenzione e protezione adottate sono insufficienti nel settore strumentale per acetonitrile e metanolo, per i quali permane un livello di rischio elevato. Per entrambe le sostanze il rischio maggiore è dovuto al contributo inalatorio; è quindi necessario rafforzare le misure specifiche di prevenzione e protezione mediante azioni correttive quali sistemi di captazione alla fonte degli strumenti di analisi, chiudere i contenitori, ridurre lo stoccaggio dei solventi, modificare le metodiche analitiche.



# I laboratori di ricerca universitaria



## ➤ Sintesi organica



## Laboratorio Sintesi organica - valutazione del rischio

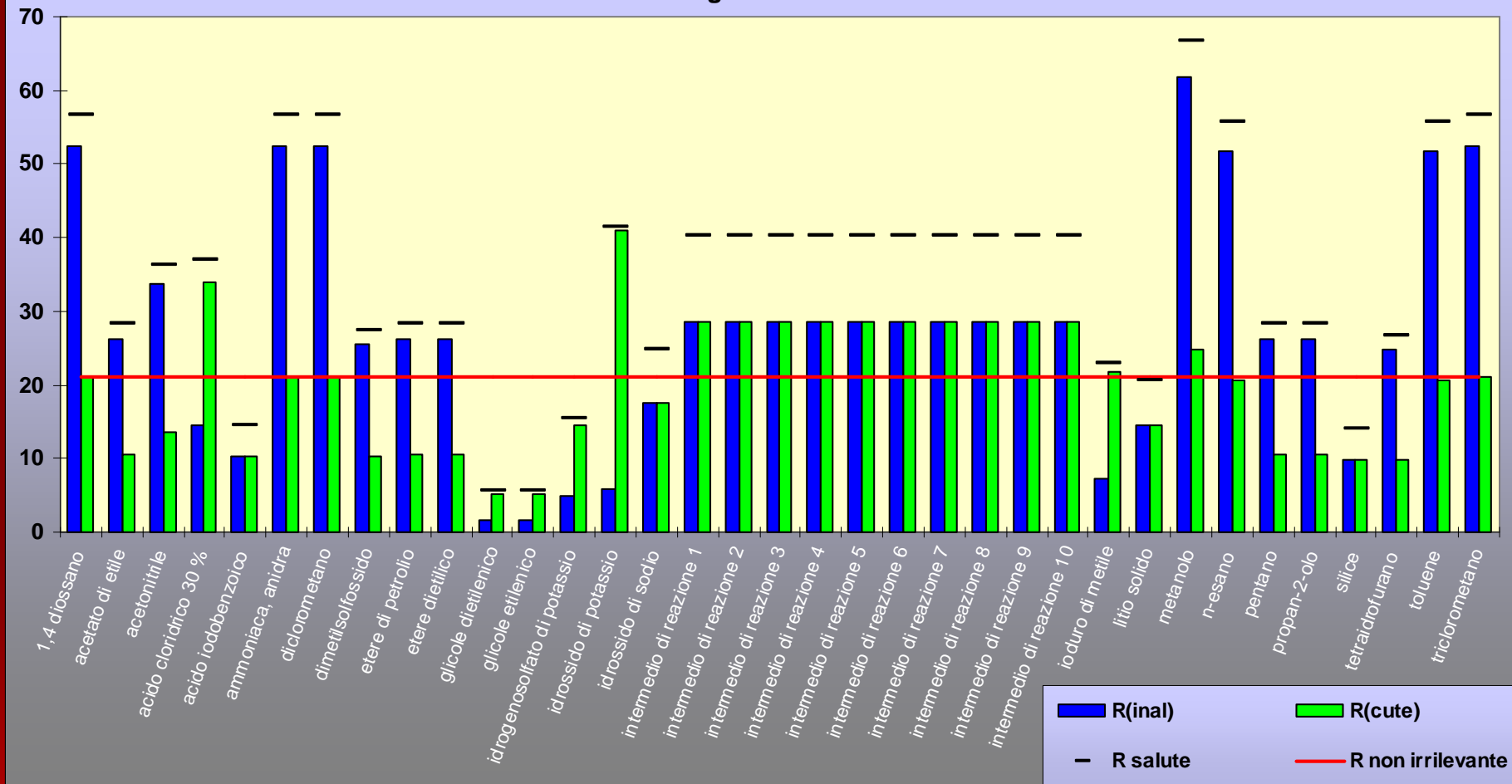
AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE			SOGLIA DI RISCHIO	SICUREZZA
	R <sub>INAL</sub>	R <sub>CUTE</sub>	R <sub>TOT</sub>		
1,4 diossano	52,50	21,00	56,54	Non Irrilevante	Non Basso (*)
acetato di etile	26,25	10,50	28,27	Non Irrilevante	Basso
acetonitrile	33,75	13,50	36,35	Non Irrilevante	Basso
acido cloridrico 30%	14,55	33,95	36,94	Non Irrilevante	Basso
acido iodobenzoico	10,20	10,20	14,42	Irrilevante	Basso
ammoniaca, anidra	52,50	21,00	56,54	Non Irrilevante	Basso
diclorometano	52,50	21,00	56,54	Non Irrilevante	Basso
dimetilsolfossido	25,50	10,20	27,46	Non Irrilevante	Basso
etere di petrolio	26,25	10,50	28,27	Non Irrilevante	Non Basso (*)
etere dietilico	26,25	10,50	28,27	Non Irrilevante	Non Basso (*)
glicole dietilenico	1,75	5,25	5,53	Irrilevante	Basso
glicole etilenico	1,75	5,25	5,53	Irrilevante	Basso
idrogenosolfato di potassio	4,85	14,55	15,34	Irrilevante	Basso
idrossido di potassio	5,85	40,95	41,37	Non Irrilevante	Basso
idrossido di sodio	17,55	17,55	24,82	Non Irrilevante	Basso
intermedio di reazione 1	28,50	28,50	40,31	Non Irrilevante	Basso
intermedio di reazione 2	28,50	28,50	40,31	Non Irrilevante	Basso
intermedio di reazione 3	28,50	28,50	40,31	Non Irrilevante	Basso
intermedio di reazione 4	28,50	28,50	40,31	Non Irrilevante	Basso
intermedio di reazione 5	28,50	28,50	40,31	Non Irrilevante	Basso
intermedio di reazione 6	28,50	28,50	40,31	Non Irrilevante	Basso
intermedio di reazione 7	28,50	28,50	40,31	Non Irrilevante	Basso
intermedio di reazione 8	28,50	28,50	40,31	Non Irrilevante	Basso
intermedio di reazione 9	28,50	28,50	40,31	Non Irrilevante	Basso
intermedio di reazione 10	28,50	28,50	40,31	Non Irrilevante	Basso
ioduro di metile	7,25	21,75	22,93	Non Irrilevante	Basso
litio solido	14,55	14,55	20,58	Irrilevante	Non Basso (*)
metanolo	61,88	24,75	66,64	Non Irrilevante	Basso
n-esano	51,75	20,70	55,74	Non Irrilevante	Basso
pentano	26,25	10,50	28,27	Non Irrilevante	Non Basso (*)
propan-2-olo	26,25	10,50	28,27	Non Irrilevante	Basso
silice	9,90	9,90	14,00	Irrilevante	Basso
tetraidrofurano	24,75	9,90	26,60	Non Irrilevante	Non Basso (*)
toluene	51,75	20,70	55,74	Non Irrilevante	Basso
triclorometano	52,50	21,00	56,54	Non Irrilevante	Basso



# Laboratorio Sintesi organica - valutazione del rischio salute



Laboratorio "Sintesi Organica" - Valutazione del rischio



### **Misure di riduzione del rischio**

- eliminazione o sostituzione degli agenti chimici pericolosi: nelle reazioni di sintesi vengono impiegati alcuni reattivi molto pericolosi ma difficilmente sostituibili. Dalla valutazione del rischio si evidenzia, per molte delle sostanze utilizzate, un valore R elevato sia per la loro tossicità intrinseca, sia per le quantità in gioco. In particolare vengono utilizzati quattro reattivi che risultano essere cancerogeni o sensibilizzanti, per i quali sono stati testati dei prodotti alternativi, ma con scarso successo. Ad esempio, la sostituzione del benzene con il toluene non sempre garantisce la riuscita della sintesi degli intermedi/prodotti desiderati; in tali occasioni si decide pertanto di non proseguire con il lavoro sperimentale. Solventi quali esano, diclorometano ed acetonitrile vengono utilizzati sia nella fase di sintesi organica, sia nell'analisi HPLC necessaria per la caratterizzazione degli intermedi di reazione; per tale motivo non è possibile sostituirli, anche se presentano valori di R anche superiori a 50;
- misure organizzative: sono previste la riduzione della frequenza e dei tempi di esposizione agli agenti chimici pericolosi mediante la limitazione della quantità di cancerogeni utilizzati e contemporaneamente la realizzazione di un sistema il più possibile vicino ad un ciclo chiuso di lavorazione; inoltre è prevista la realizzazione di un nuovo laboratorio in cui la sala strumenti sia fisicamente separata dal laboratorio di sintesi. Gli operatori sono sottoposti a controlli sanitari da parte del Medico competente e viene effettuata attività periodica di informazione e formazione sul rischio chimico;
- misure di protezione collettiva: vengono adottate misure di protezione collettiva quali uso di cappe di aspirazione nel laboratorio, apparecchi pronto intervento per il lavaggio oculare e, ai fini della sicurezza, sistemi antincendio;
- misure di protezione individuali: i DPI forniti sono guanti in lattice naturale e guanti in nitrile e, occhiali a stanghetta.





## *Laboratorio Sintesi organica gestione del rischio residuo, con misure specifiche di prevenzione e protezione in atto*



AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE			GESTIONE DEL RISCHIO
	$R_{INAL}$	$R_{CUTE}$	$R_{TOT}$	
1,4 diossano	36,75	7,00	37,41	misure insufficienti
acetato di etile	18,38	3,50	18,71	rischio sotto controllo
acetonitrile	23,63	4,50	24,05	misure insufficienti
acido cloridrico 30%	14,55	4,85	15,34	rischio sotto controllo
acido iodobenzoico	3,40	3,40	4,81	rischio sotto controllo
ammoniaca, anidra	36,75	7,00	37,41	misure insufficienti
diclorometano	36,75	7,00	37,41	misure insufficienti
dimetilsolfossido	17,85	3,40	18,17	rischio sotto controllo



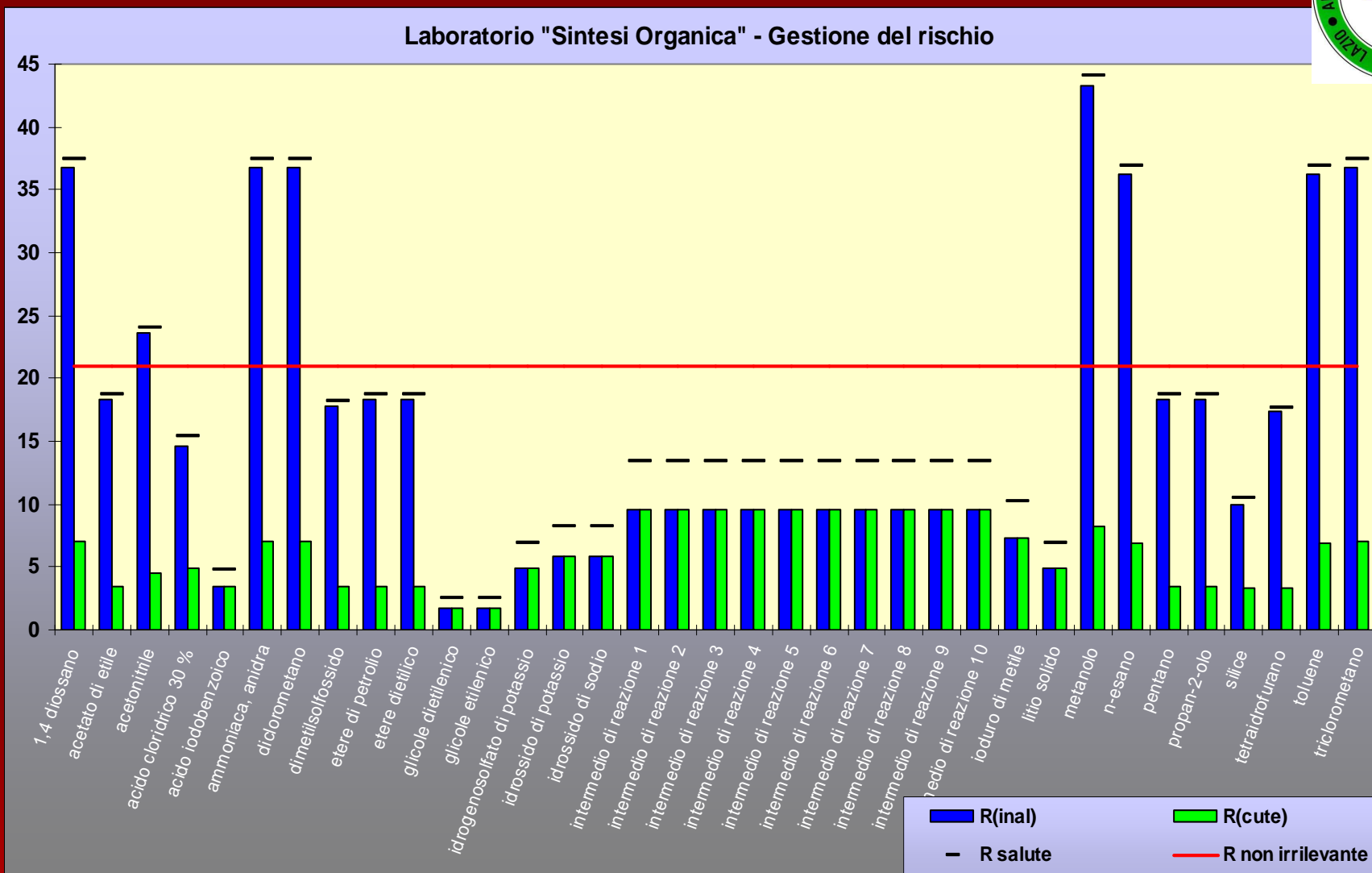
## Laboratorio Sintesi organica gestione del rischio residuo, con misure specifiche di prevenzione e protezione in atto



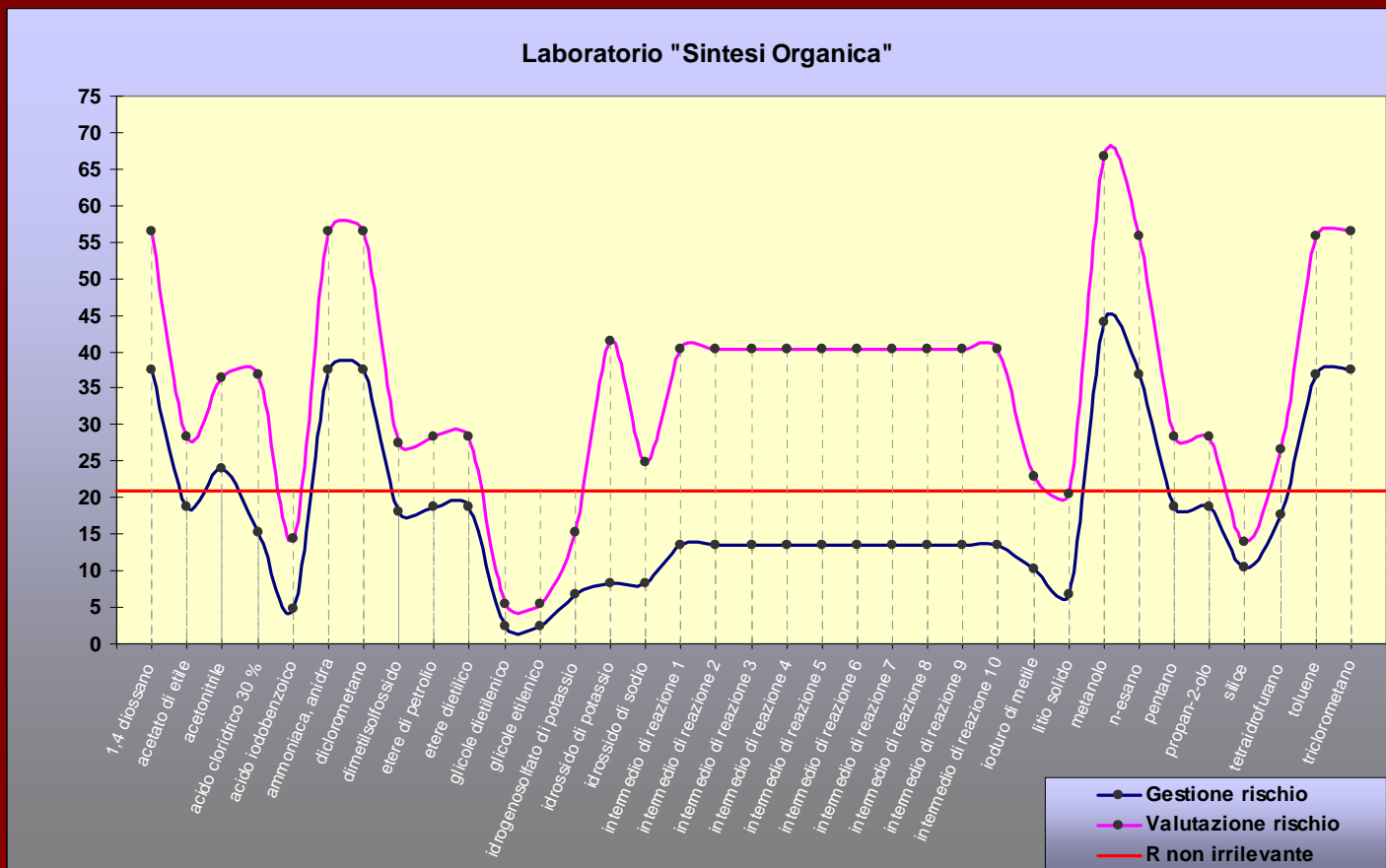
AGENTE CHIMICO	RISCHIO SALUTE			GESTIONE DEL RISCHIO
	R <sub>INAL</sub>	R <sub>CUTE</sub>	R <sub>TOT</sub>	
etere di petrolio	18,38	3,50	18,71	rischio sotto controllo
etere dietilico	18,38	3,50	18,71	rischio sotto controllo
glicole dietilenico	1,75	1,75	2,47	rischio sotto controllo
glicole etilenico	1,75	1,75	2,47	rischio sotto controllo
idrogenosolfato di potassio	4,85	4,85	6,86	rischio sotto controllo
idrossido di potassio	5,85	5,85	8,27	rischio sotto controllo
idrossido di sodio	5,85	5,85	8,27	rischio sotto controllo
intermedio di reazione 1	9,50	9,50	13,44	rischio sotto controllo
intermedio di reazione 2	9,50	9,50	13,44	rischio sotto controllo
intermedio di reazione 3	9,50	9,50	13,44	rischio sotto controllo
intermedio di reazione 4	9,50	9,50	13,44	rischio sotto controllo
intermedio di reazione 5	9,50	9,50	13,44	rischio sotto controllo
intermedio di reazione 6	9,50	9,50	13,44	rischio sotto controllo
intermedio di reazione 7	9,50	9,50	13,44	rischio sotto controllo
intermedio di reazione 8	9,50	9,50	13,44	rischio sotto controllo
intermedio di reazione 9	9,50	9,50	13,44	rischio sotto controllo
intermedio di reazione 10	9,50	9,50	13,44	rischio sotto controllo
ioduro di metile	7,25	7,25	10,25	rischio sotto controllo
litio solido	4,85	4,85	6,86	rischio sotto controllo
metanolo	43,31	8,25	44,09	misure insufficienti
n-esano	36,23	6,90	36,88	misure insufficienti
pentano	18,38	3,50	18,71	rischio sotto controllo
propan-2-olo	18,38	3,50	18,71	rischio sotto controllo
silice	9,90	3,30	10,44	rischio sotto controllo
tetraidrofurano	17,33	3,30	17,64	rischio sotto controllo
toluene	36,23	6,90	36,88	misure insufficienti
triclorometano	36,75	7,00	37,41	misure insufficienti



# Laboratorio Sintesi organica - gestione del rischio salute



## Laboratorio Sintesi organica - efficacia delle misure di sicurezza adottate



Il modello mette in evidenza che per alcune sostanze, tra cui alcuni **solventi** quali **acetronitrile, metanolo ed esano**, nonostante le misure di prevenzione e protezione in atto, permane un rischio per la salute elevato, rischio maggiore dovuto al contributo



## Laboratorio Sintesi organica - valutazione degli effetti cumulativi



ORGANI BERSAGLIO	R SALUTE (VALUTAZIONE)	R SALUTE (GESTIONE)	NOTE
Apparato genitourinario	rischio cancerogeno	rischio cancerogeno	R 45
Apparato respiratorio	rischio cancerogeno	rischio cancerogeno	R 45
Cavo orale	rischio cancerogeno	rischio cancerogeno	R 45
Cute	rischio cancerogeno	rischio cancerogeno	R 45
Fegato e vie biliari	rischio cancerogeno	rischio cancerogeno	R 45
Naso	rischio cancerogeno	rischio cancerogeno	R 45
Occhio e annessi oculari	rischio cancerogeno	rischio cancerogeno	R 45
Orecchio	rischio non irrilevante	rischio non trascurabile	/
Sistema emolinfopoietico	rischio cancerogeno	rischio cancerogeno	R 45/46
Sistema muscolo scheletrico e tessuto connettivo	rischio cancerogeno	rischio cancerogeno	R 45
Sistema nervoso centrale	rischio non irrilevante	rischio non trascurabile	/
Sistema nervoso periferico	rischio cancerogeno	rischio cancerogeno	R 45

## Risultati delle misure ambientali per verificare l'efficacia delle misure di prevenzione e protezione attuate



i monitoraggi sono stati condotti per verificare l'efficacia delle misure di prevenzione e protezione attuate nei laboratori ove il livello di rischio per la salute è risultato con il modello A.R.Chi.M.E.D.E. “non controllato” con il maggiore contributo dovuto all' esposizione per via inalatoria.

Sono state effettuate nel laboratorio Spettrometria di massa “settore strumentale”, misurazioni di agenti chimici dove vi è presenza di solventi molto volatili e in quantità significative quali acetronitrile metanolo ed esano.,





## *Analisi dei risultati*

Sono stati determinati i livelli di esposizione a solventi quali: acetronitrile, metanolo ed esano

### *. Campionamenti del solvente n-esano*

POSTAZIONE	TIPO DI PRELIEVO	RISULTATI [mg/m <sup>3</sup> ]	VALORI LIMITE (*) [mg/m <sup>3</sup> ]	VALORI LIMITE (**) [mg/m <sup>3</sup> ]
in prossimità dell'API 2000 (eluente sol. acquosa di metanolo al 10%); l'operatore non manipolava agenti chimici	personale	1,82 ± 0,16	72	176
in prossimità dell'API 3000 (eluente acetronitrile, n-esano); l'operatore non manipolava agenti chimici	personale	1,88 ± 0,07	72	176
in prossimità del 4000QTRAP (eluente metaonolo, isopropanaolo, n-esano); l'operatore non manipolava agenti chimici	personale	1,84 ± 0,07	72	176
centro stanza, tra spettrometro di massa e HPLC	ambientale postazione fissa	2,64 ± 0,30	72	176





## *Analisi dei risultati*

Misure di solventi quali: acetronitrile, metanolo ed esano

### *Campionamenti del solvente acetronitrile*

POSTAZIONE	TIPO DI PRELIEVO	RISULTATI [mg/m <sup>3</sup> ]	VALORI LIMITE (*) [mg/m <sup>3</sup> ]	VALORI LIMITE (**) [mg/m <sup>3</sup> ]
in prossimità dell'API 2000 (eluente sol. acquosa di metanolo al 10%); l'operatore non manipolava agenti chimici	personale	2,04 ± 0,06	35	<b>34</b>
in prossimità dell'API 3000 (eluente acetronitrile, n-esano); l'operatore non manipolava agenti chimici	personale	2,81 ± 0,18	35	<b>34</b>
in prossimità del 4000QTRAP (eluente metanolo, isopropanolo, n-esano); l'operatore non manipolava agenti chimici	personale	2,08 ± 0,09	35	<b>34</b>
centro stanza, in prossimità del bancone di lavoro	ambientale postazione fissa	4,32 ± 0,14	35	<b>34</b>



## Campionamenti del solvente metanolo

POSTAZIONE	TIPO DI PRELIEVO	RISULTATI [mg/m <sup>3</sup> ]	VALORI LIMITE (*) [mg/m <sup>3</sup> ]	VALORI LIMITE (**) [mg/m <sup>3</sup> ]
in prossimità dell'API 2000 (eluente sol. acquosa di metanolo al 10%); l'operatore non manipolava agenti chimici	personale	6,25 ± 0,07	260	<b>262</b>
in prossimità dell'API 3000 (eluente acetronitrile, n-esano); l'operatore non manipolava agenti chimici	personale	6,91 ± 0,07	260	<b>262</b>
in prossimità del 4000QTRAP (eluente metanolo, isopropanolo, n-esano); l'operatore non manipolava agenti chimici	personale	6,38 ± 0,09	260	<b>262</b>
centro stanza, in prossimità del bancone di lavoro	ambientale postazione fissa	5,19 ± 0,14	260	<b>262</b>





## *Considerazioni sui risultati*

Le misure hanno riguardato essenzialmente i **solventi più volatili pericolosi** e utilizzati in maggiore quantità al fine di **valutare l'efficacia delle misure di prevenzione e protezione messe in atto.**

Le concentrazioni riscontrate sono largamente inferiori, ai limiti di esposizione professionale. Tali risultati dimostrano una parziale efficacia delle misure specifiche di protezione evidenziando che il rischio è contenuto ma non ancora trascurabile in quanto l'assenza di sistemi di aspirazione localizzata sulle sorgenti di emissione, non consente di portare i livelli degli inquinanti a concentrazioni trascurabili.

Anche il modello segnala infatti che permane un rischio residuo proprio a causa dell'assenza di misure specifiche di prevenzione protezione.



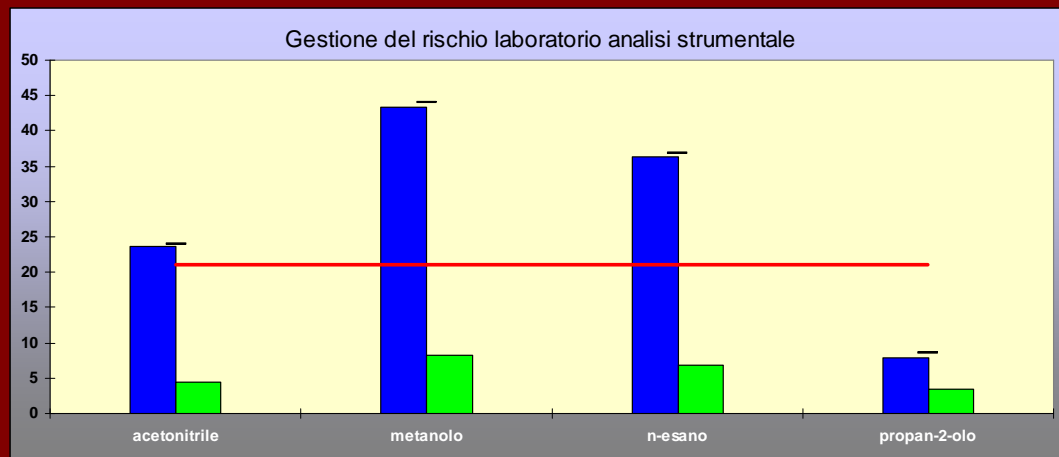
# Misure ambientali



SCOPO PRINCIPALE



verifica dell'efficacia delle misure di prevenzione e protezione attuate



*Laboratorio di chimica analitica  
sez. strumentale*

Sostanza	Postazione	Risultati [mg/m <sup>3</sup> ]	V.L. D.Lgs.81/08 [mg/m <sup>3</sup> ]	TLV-TWA ACGIH [mg/m <sup>3</sup> ]
n-esano	centro stanza (tra spettrometro e HPLC)	2,64 ± 0,30	72	176
acetonitrile	centro stanza (in pross. banco di lavoro)	4,32 ± 0,14	35	34
metanolo	centro stanza (in pross. banco di lavoro)	5,19 ± 0,14	260	262



## IN CONCLUSIONE . . .



Il processo di valutazione del rischio da esposizione ad agenti chimici pericolosi è un processo complesso e presenta importanti criticità. Il lavoro presentato ha dimostrato che **è possibile utilizzare modelli di calcolo del rischio chimico** rispondenti al dettato normativo per definire i livelli di rischio delle diverse sostanze e per valutare l'efficacia delle misure specifiche di prevenzione e protezione attuate. Le misure degli inquinanti sono state di ausilio per selezionate sostanze come **i solventi**. È anche opportuno, nei casi più complessi come i laboratori di ricerca universitaria, valutare gli effetti cumulativi dovuti ad **esposizione multiple alle basse dosi**. In scenari del genere, la modellistica fornisce informazioni su tutte le sostanze.

