



FANGHILAB

HUB PER LO SVILUPPO DEL TERRITORIO

FORME AVANZATE DI
GESTIONE DEI FANGHI DI
DEPURAZIONE IN UN HUB
INNOVATIVO LOMBARDO



28 novembre 2022

REALIZZATO CON IL SOSTEGNO DI



UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale



Regione
Lombardia



IMN NEL RUOLO DI ORGANISMO DI RICERCA
ISS NEL RUOLO DI ADVISORY BOARD



hanno voluto **condividere la gestione delle attività scientifiche** con lo scopo di **oggettivare** l'applicazione dei **CRITERI** presenti nelle Linee Guida VIS_ISS_2019

RAPPORTI ISTISAN 19|9

ISSN: 1123-3117 (cartaceo) • 2384-8936 (online)

Linee guida
per la valutazione di impatto sanitario
(DL.vo 104/2017)

E. Dogliotti, L. Achene, E. Beccaloni, M. Carere,
P. Comba, R. Crebelli, I. Lacchetti, R. Pasetto,
M.E. Soggiu, E. Testai



Le presenti linee guida sono un aggiornamento di quanto pubblicato nel *Rapporto ISTISAN 17/4 (1)*, adottate con decreto del Ministero della Salute in data 27 marzo 2019 e pubblicate in *Gazzetta Ufficiale Serie Generale n. 126 del 31 maggio 2019*.

Monitoraggio Chimico-Fisico-Biologico

dell'Ambiente relativo alla Qualità delle matrici Abiotiche (aria/aereiformi, acqua/acquose, suolo/solide, rumore, microonde) e Biotiche (flora, fauna e microbiologia), delle Sorgenti emissive/immissive ed Esposizione Personale (relativamente a **profili espositivi** occupazionali e civili)

APPROCCIO MODELLISTICO COMPUTAZIONALE in SILICO

Valutazioni predittive delle **caratteristiche tossicologiche** di tutte le sostanze chimiche organiche (inquinanti emergenti) con tecniche **ReadAcross-QSAR** e modellizzazione con **software** specifici
ANTARES-CALEIDOS-CAESAR-VEGA
(reti neurali, fuzzy logic, algoritmi genetici, classificatori, analisi multivariata, etc.)

Valutazioni del potenziale rischio e danno sanitario con approccio **Tossicologico** della **Qualità dell'Ambiente** e correlato **Rischio Tossicologico** sia per l'uomo che per l'ecosistema esposti a miscele di inquinanti organici ed inorganici
(IPA, PCB, PCDD, PCDF, BTX, Pesticidi, Metalli, Ossidi di Azoto...)
I.T.R.Q.A. - E.R.I.C.A.

Valutazioni del potenziale rischio e danno sanitario con approccio **Epidemiologico** per la determinazione dell'**incidenza su patologie umane** all'esposizione di inquinanti particolati (PM_{10} $PM_{2.5}$) gassosi (NO_2) e fisici (Rumore-Microonde)

Rapporti ISTISAN 19/9



INTERAZIONI MATRICI AMBIENTALI-ESPOSIZIONE UOMO

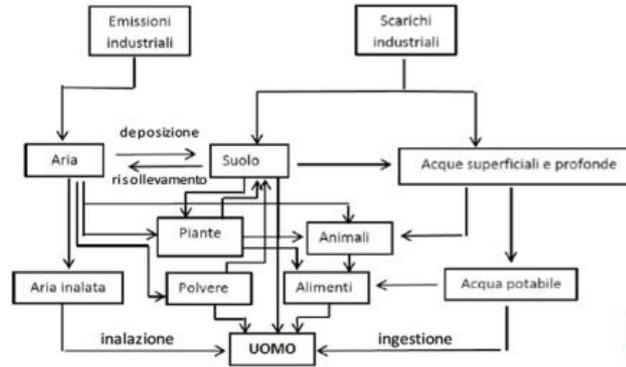


Figura 4. Collegamenti e interazioni tra le varie matrici ambientali e l'esposizione per l'uomo

FANGHILAB

HUB PER LO SVILUPPO DEL TERRITORIO

Il gruppo di lavoro elabora le considerazioni finali

Tenendo conto delle

VDS_{DLGS} VIS_{ISS}(VIAS_{ISPRA} VIS_{Regionali})

APPROCCIO DETERMINISTICO SPERIMENTALE in VIVO

Valutazione del danno **ecotossicologico** nei recettori utilizzando **monitoraggi** con **organismi modello**

Terrestri: Fito (Crescione, Sorgo, Cetriolo) –
Lombrico (*Eisenia andrei*) –
Verme (*C.elegans*)– Ameba (*Dictyostelium*)
Roditori (topo e ratto)

Acquatici:– Batteri (*Vibrio fischeri*) Alghe
(*Pseudokirchneriella sub capitata*) –Crostacei (*Daphnia*
Magna - *Thamnocephalus platyurus*)
Pesce Zebrafish (*Danio Reiro*)

Atmosfera: Ape (*Apis Mellifera*)

Valutazioni degli effetti **tossicologici** per l'uomo dedotti dal **monitoraggio biologico personale** con tecniche non invasive (sangue, urine, saliva, capelli, breath analisi..) e con l'ausilio di Studi di "omica" e Istochimica

**WP1 – Uso di fanghi come ammendanti in
agricoltura**



**WP2 - Valorizzazione termica ed energetica
dei fanghi**



**WP3 - Valutazione integrata dell'impatto
ambientale e sanitario**



**WP4 - Valutazione integrata
dell'impatto economico e normativo**



WP1 - Uso di fanghi come ammendanti in agricoltura

Caratterizzazione chimica

Task 1.1



ng/g



FANGHI T.Q.

Caratterizzazione chimica

Task 1.1

FANGHI T.Q.

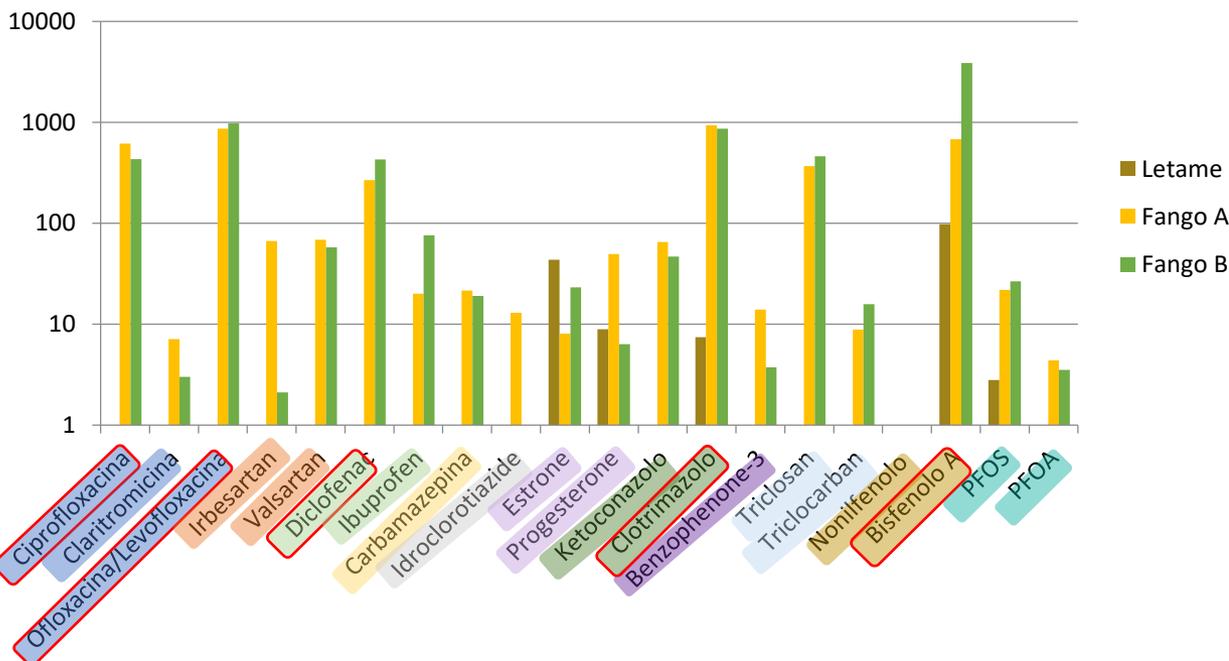


FARMACI- DROGHE

CRITERI DI SCELTA :

- i. PRESENZA IN FANGHI DI DEPURAZIONE
- ii. ABBONDANZA E FREQUENZA DI RILEVAZIONE
- iii. PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE
- iv. POTENZIALI RISCHI PER UOMO ED AMBIENTE (ES. ANTIBIOTICI)

ng/g



- ANTIBIOTICI
- ANTIIPERTENSIVI
- ANALGESICI
- ANTIEPILETTICI/ANTIPERTENSIVI
- DIURETICI
- ESTROGENI
- ANTIMICOTICI
- UV-FILTERS
- DISINFETTANTI
- TENSIOATTIVI/PLASTICIZZANTI
- PERFLUORATI

Caratterizzazione ECO-TOSSICOLOGICA

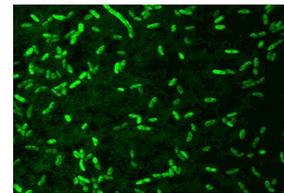
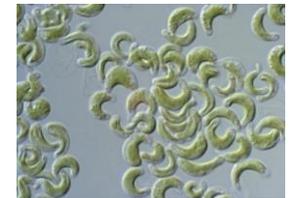
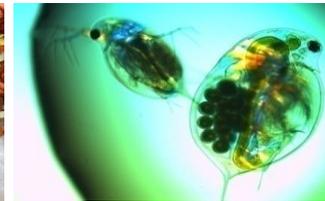
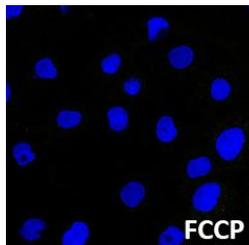
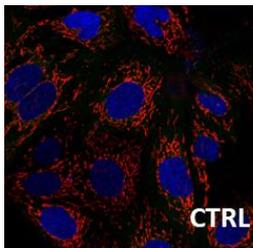
Utilizzo di **organismi modello** con la seguente batteria di **saggi ecotox**:

Tossicità acuta su *Daphnia magna* (Crosteaceo)_ Fitotest su *Lepidium sativum* (Crescione)-
Sorghum saccharatum (Sorgo)_ Inibizione della crescita su *Pseudochirkneriella subcapitata*
(Alga)_ Tossicità acuta su *Vibrio fischeri* (Batterio)

Utilizzo delle seguenti **linee cellulari UMANE** (surrogato e/o preliminare al Monitoraggio Biologico):

Cellule Caco-2 (linea di cellule epiteliali di adenocarcinoma colonrettale umano)

Cellule HepG2 (linea di cellule epiteliali di carcinoma epatico umano)



Task 1.2

TERRENI AGRICOLI

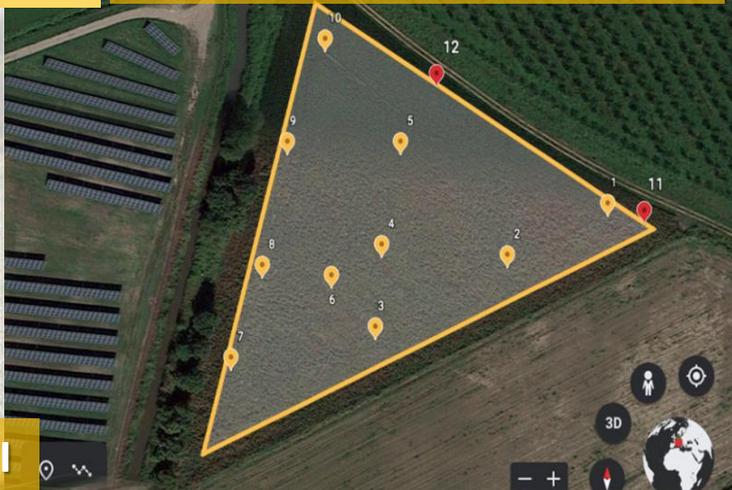
analisi campioni di terreni agricoli addizionati con fanghi

Terreno agricolo **TRIVOLZIO**

Terreno agricolo **OTTOBIANO**



ARATURA TERRENI-FANGHI



INIEZIONE FANGHI

DISPERSIONE FANGHI



Terreno agricolo **CREMONA**



WP2 - Valorizzazione termica ed energetica di fanghi

Task 2.7 Monitoraggio fanghi e **EmissionImmissioni Aeriformi**



Attività di CoCombustione
CSS + FANGO pellettizzato
2% 30% 60%



Attività di MonoCombustione
FANGO T.Q. (20% H₂O e 80% H₂O)

Caratterizzazione
chimica



Caratterizzazione
tossicologica
ECO-TOX



Analisi sull'aeriforme e condensato derivanti dalle emissioni di termovalorizzatori

WP1 - Uso di fanghi come ammendanti in agricoltura

WP2 - Valorizzazione termica ed energetica di fanghi

Caratterizzazione CHIMICA e ECO-TOX

Con**clusion**

Caratterizzazione ECO-tossicologica



FANGHI T.Q.

→ CRITICITÀ ED ELEVATE TOSSICITÀ SU TUTTI GLI ORGANISMI TESTATI



TERRENI AGRICOLI + FANGHI

→ EFFETTI AVVERSI DEBOLI O ASSENTI ANCHE IN FORMA DI ELUTRIATO



CONDENSE EMISSIONI IMMISSIONI

→ EFFETTI AVVERSI DEBOLI O ASSENTI ANCHE UTILIZZANDO IL TAL QUALE

Vitalità cellulare ALVEOLARI
Non si osservano effetti citotossici

Non Toxic

Caratterizzazione chimica

Apis mellifera

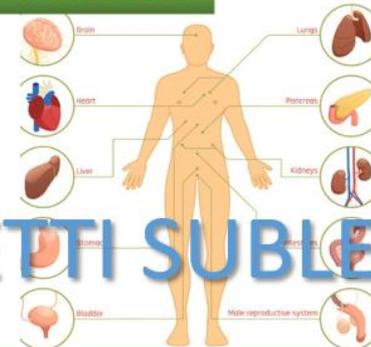


Caenorhabditis elegans



Danio rerio embryo

Work in Progress



EFFETTI SUBLETALI

COMING SOON

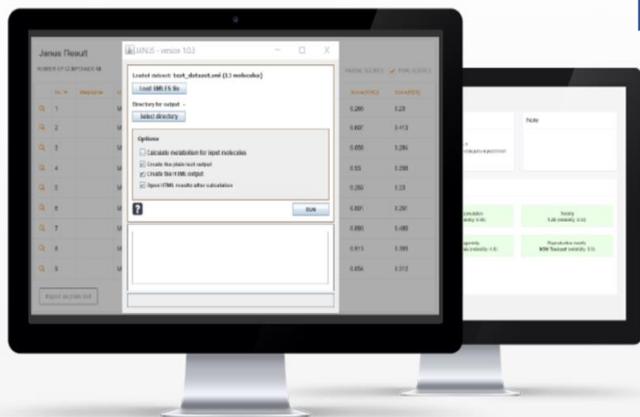
WP3 - Valutazione integrata dell'impatto ambientale e sanitario

Task 3.1 Modellizzazioni computazionali

VEGAHUB

QSAR Download

JANUS: the tools for prioritization and screening of chemical substances, freely available.



PREDIZIONE COMPLESSIVA E STIMA DI AFFIDABILITÀ

USO DI SCORE GLOBALI PER ANALIZZARE E PRIORITIZZARE LE SOSTANZE CHIMICHE

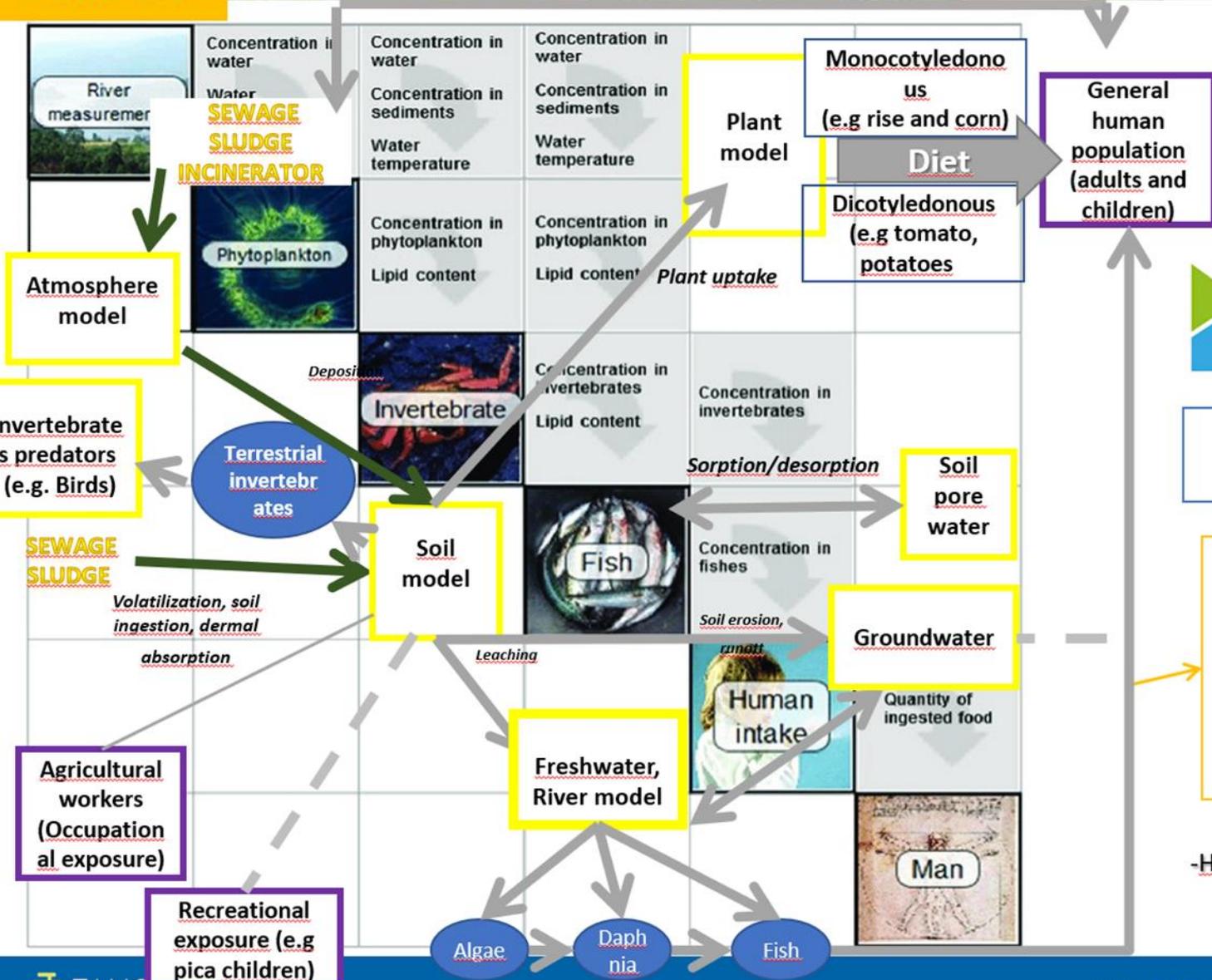
PRIORITY SCORE → BASATO SULLE PROPRIETÀ CMR E ED UMANE

SOLTANTO 8 DELLE 152 SOSTANZE ANALIZZATE HANNO UNO SCORE DI PRIORITÀ SOTTO LA SOGLIA DI PERICOLOSITÀ DI 0.5



WP3 - Valutazione integrata dell'impatto ambientale e sanitario

Task 3.1



DESTINO AMBIENTALE

EQUAZIONI PER DETERMINARE LA STIMA DELL'INTAKE

- MCKONE ET AL., 1989
- HATTERMER-FREYS E TREVIS, 1991
- HHRAP USEPA, 2005

Task 3.1

Analisi della vulnerabilità delle acque sotterranee all'utilizzo dei fanghi in agricoltura

Due «use cases»:

Dettaglio sugli appezzamenti monitorati dall'Istituto Mario Negri nelle province di Pavia e Cremona

Utilizzo del modello **PEARL**

Caratterizzazione ambientale di dettaglio dei siti studiati

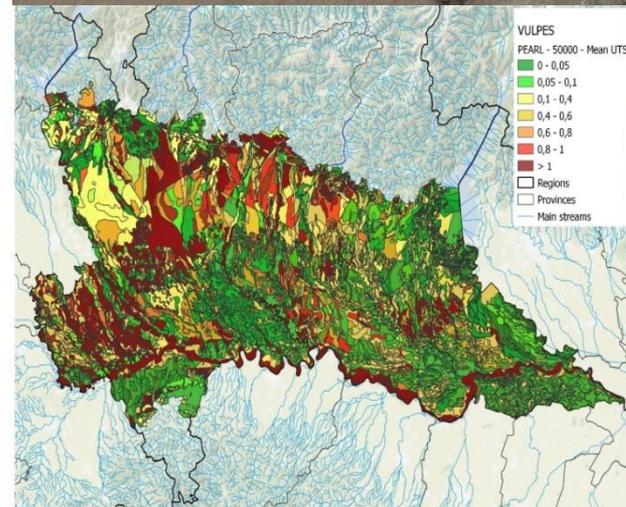
Largo set di sostanze valutate

Analisi di screening per alcune sostanze selezionate sull'area di pianura della regione Lombardia

Utilizzo del super modello **VULPES**

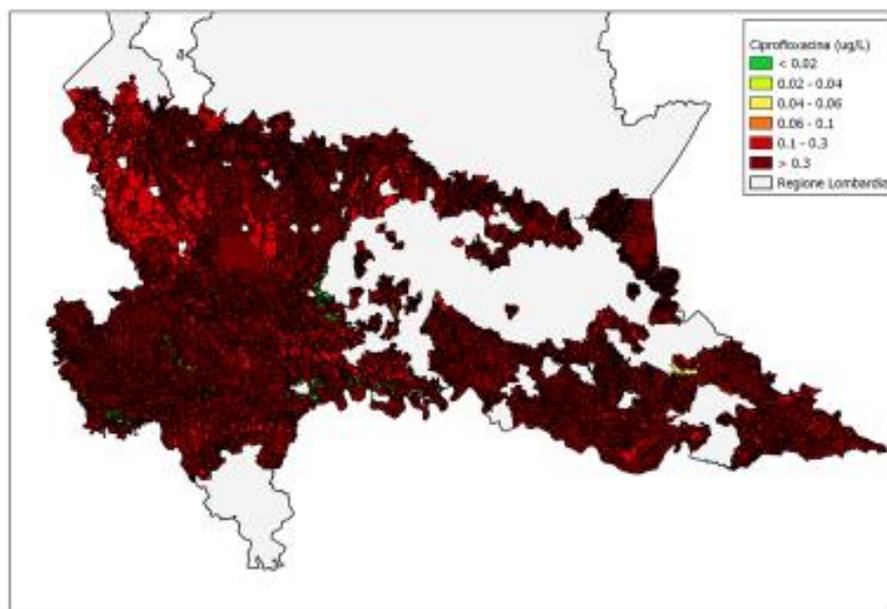
Accuratezza di studio legata alle fonti dati utilizzate

Risultati intesi come screening della vulnerabilità del territorio

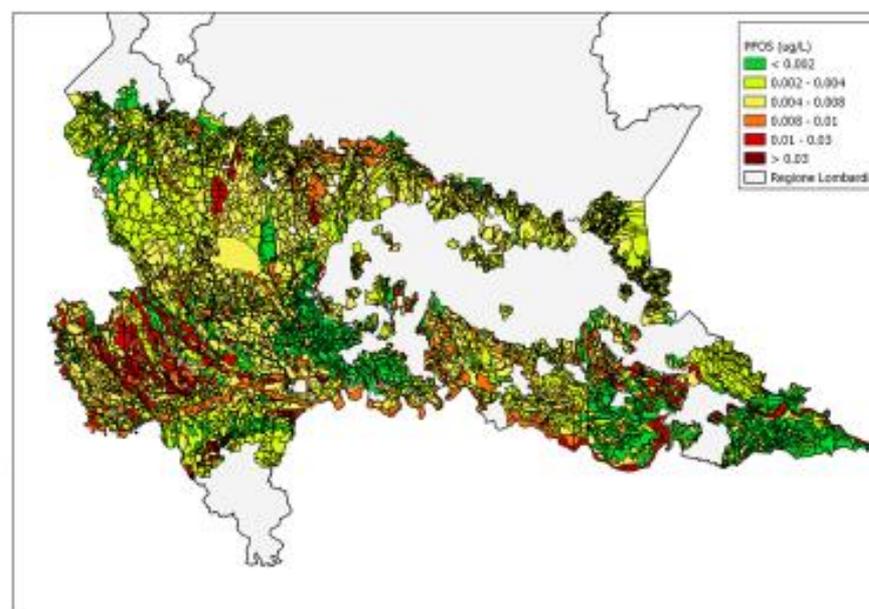


Risultati delle valutazioni territoriali

Ciprofloxacina



PFOS



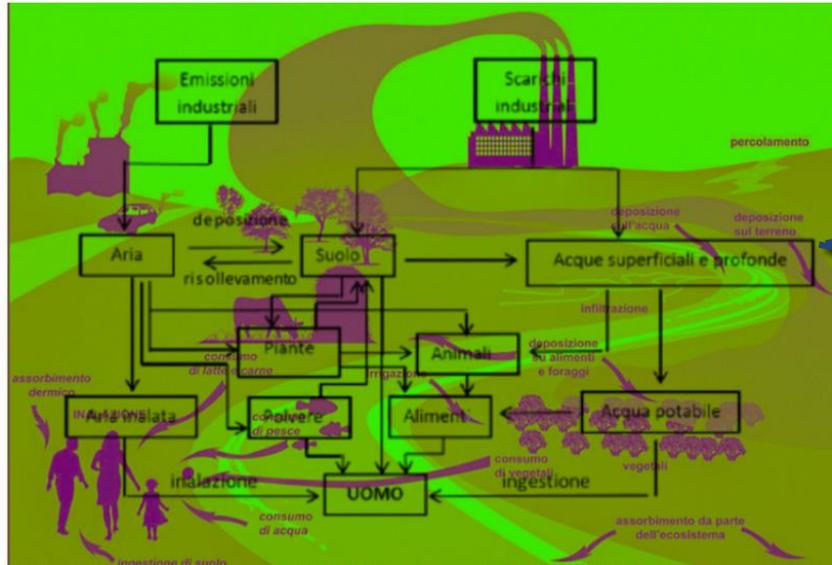
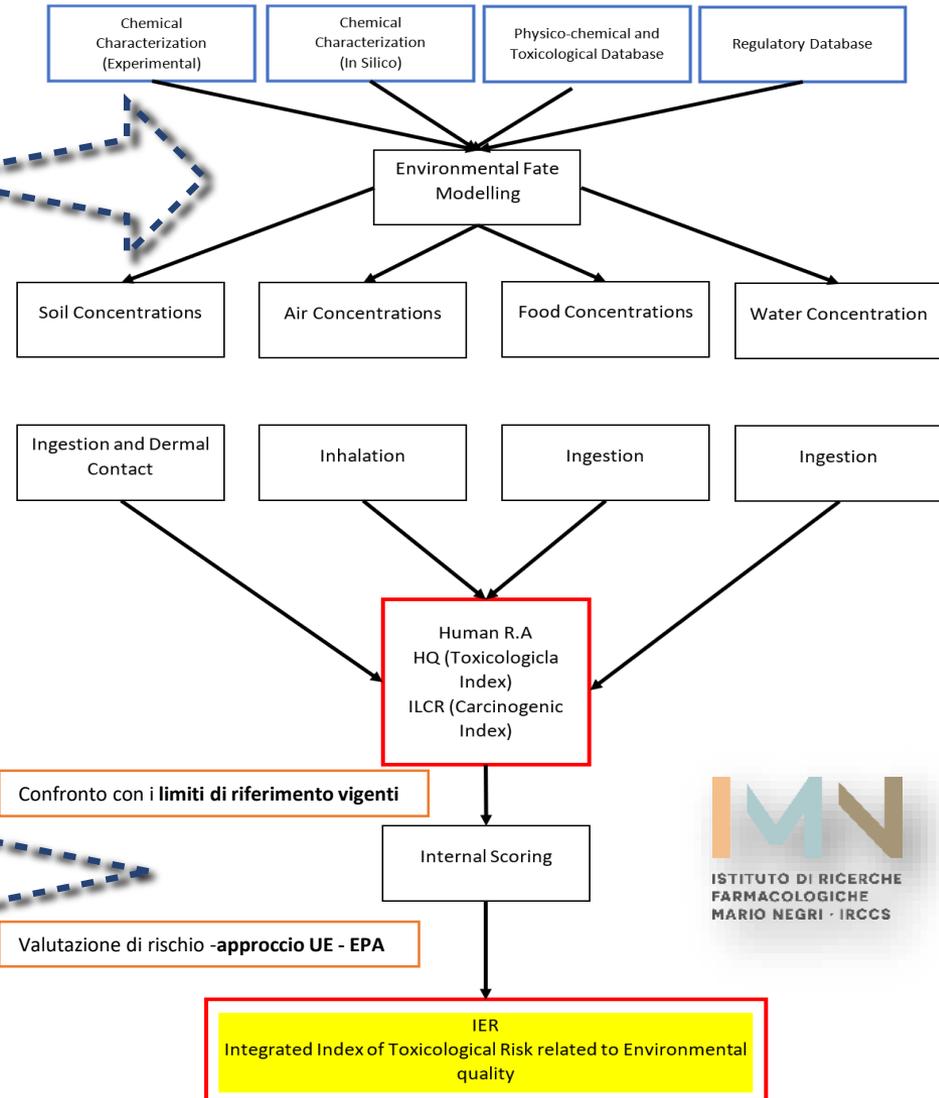


Figura 4. Collegamenti e interazioni tra le varie matrici ambientali e l'esposizione per l'uomo

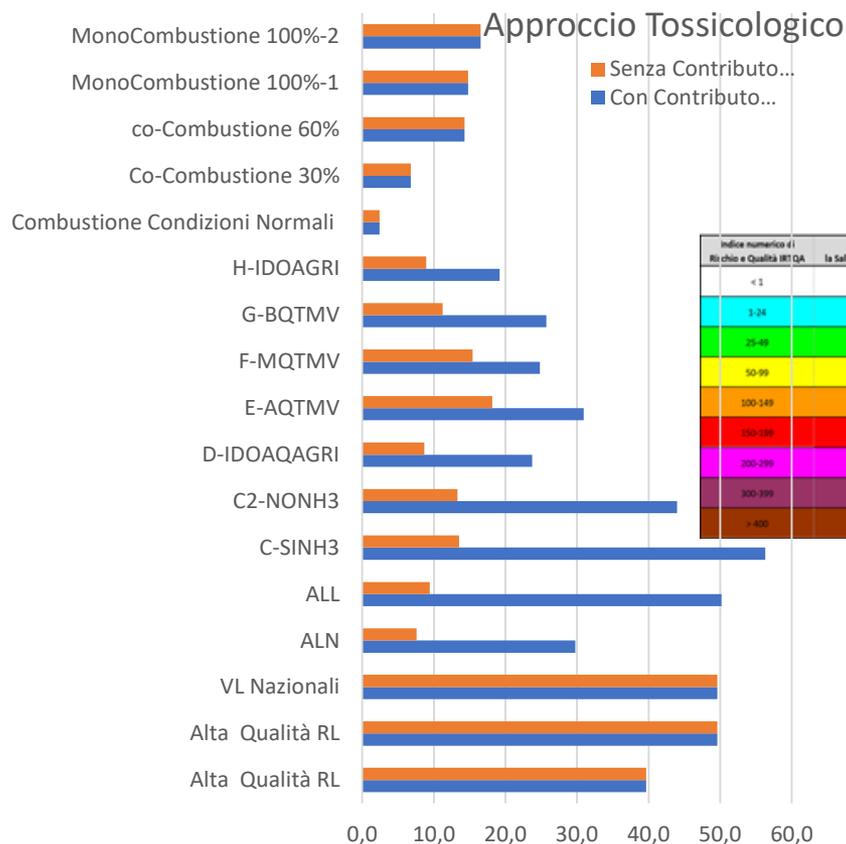
1 SVILUPPO DI INDICE PER VALUTAZIONI DI RISCHIO INTEGRATE

L'indice proposto è stato sviluppato secondo lo schema a blocchi di seguito riportato:

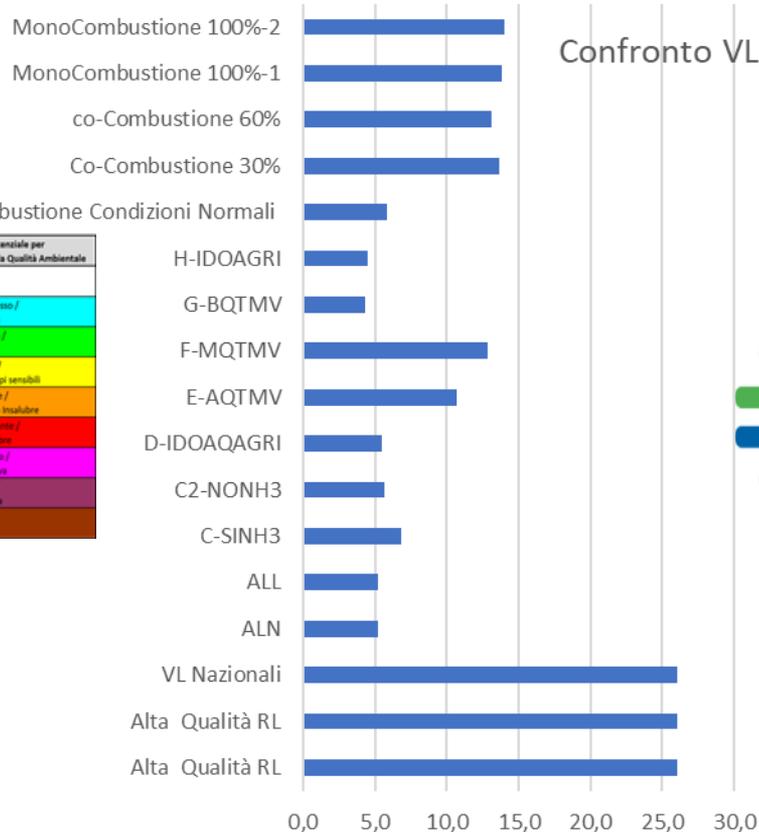


Indice numerico di Rischio e Qualità IRTQA	Classificazione e Giudizio del Rischio Potenziale per la Salute della persona e/o ricettore esposto e della Qualità Ambientale
< 1	Rischio Irrilevante / Q.A. Ottima
1-24	Rischio da Trascurabile a Molto Basso / Q.A. da Molto Buona a Buona
25-49	Rischio da Molto Basso a Basso / Q.A. da Buona a Moderata
50-99	Rischio da Basso a Moderato / Q.A. da Moderata a Insalubre per i gruppi sensibili
100-149	Rischio da Moderato a Rilevante / Q.A. da Insalubre per i gruppi sensibili a Insalubre
150-199	Rischio da Rilevante a Molto Rilevante / Q.A. da Insalubre a Molto Insalubre
200-299	Rischio da Molto Rilevante a Alto / Q.A. da Molto Insalubre a Cattiva
300-399	Rischio da Alto a Molto Alto / Q.A. da Cattiva a Molto Cattiva
> 400	Rischio Pericoloso / Q.A. Pessima

RISULTATI PRELIMINARI CON GRAFICI COMPARATIVI DEI DUE SCENARI

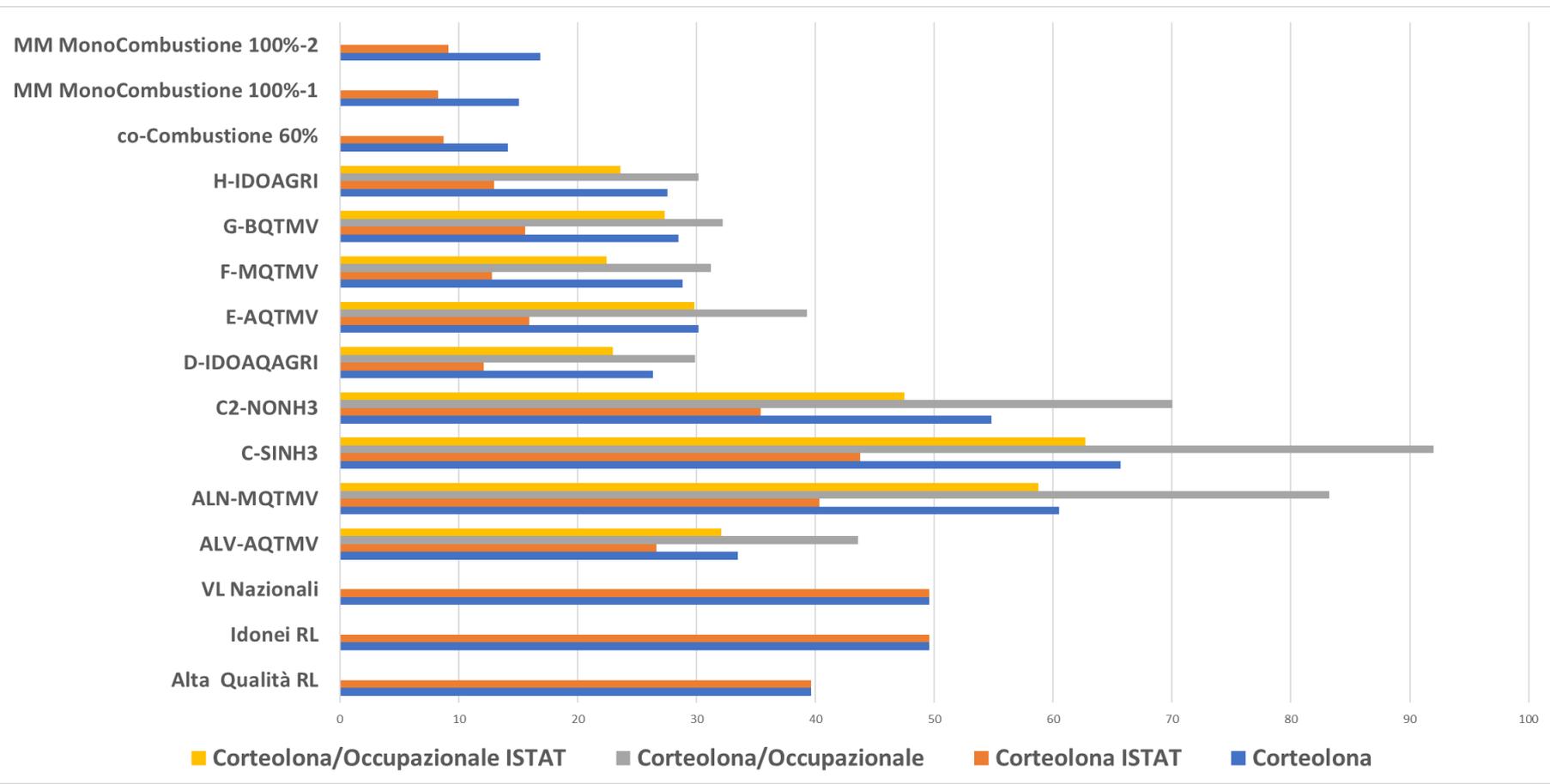


Indice numerico (I) / Rischio e Qualità IRTQA	Classificazione e Giudizio del Rischio Potenziale per la Salute della persona e/o ricettore esposto e della Qualità Ambientale
< 1	Rischio Irrelevante / Q.A. Ottima
1-24	Rischio da Trascurabile a Molto Basso / Q.A. da Molto Buona a Buona
25-49	Rischio da Molto Basso a Basso / Q.A. da Buona a Moderata
50-99	Rischio da Basso a Moderato / Q.A. da Moderata a Insalubre per i gruppi sensibili
100-149	Rischio da Moderato a Rilevante / Q.A. da Insalubre per i gruppi sensibili a Insalubre
150-199	Rischio da Rilevante a Molto Rilevante / Q.A. da Insalubre a Molto Insalubre
200-299	Rischio da Molto Rilevante a Alto / Q.A. da Molto Insalubre a Cattiva
300-399	Rischio da Alto a Molto Alto / Q.A. da Cattiva a Molto Cattiva
> 400	Rischio Pericoloso / Q.A. Pesante



RIMANE NECESSARIO EFFETTUARE VALUTAZIONI SITOSPECIFICHE (VIS), in generale:
 Lo scenario «TERMOVALORIZZAZIONE» ha un impatto più «costante»
 Lo scenario «AGRICOLO» ha una maggiore dipendenza alle VARIABILI INFLUENZANTI

Applicazione sperimentale comparativa sitospecifica dell'Indice Tossicologico Rischio Qualità Ambientale ad ipotetici scenari di Termovalorizzazione e Fertilizzazione per contestuali periodi temporali in un sito denominato CORTEOLONA



WP4 - Valutazione integrata dell'impatto economico e normativo

Task 4.2 Analisi e proposte del quadro normativo

2022_MODIFICA COSTITUZIONALE ART 9 E 41 TUTELA DELL'AMBIENTE



Con la consapevolezza che c'è ancora molto da studiare per un ambiente più salubre....

Advisory Board FANGHI

E. Beccaloni
E. Testai
M.E. Soggiu
L. Achene
F. Buratti
M. Carere
I. Lacchetti
G. Larosa
L. Bonadonna



THANK YOU

Marco Lodi

Marco Lodi - **Principal investigator-FANGHI**
Consulente d'Igiene Industriale ed Ambientale
Dipartimento Ambiente & Salute
Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri" – IRCCS
marco.lodi@marionegri.it

Gruppo di Lavoro FANGHI



Emilio Benfenati
Marco Lodi
Federico Teoldi
Simone Maiorana
Martina Vargiu
Sara Moretti
Andrea Colombo
Maddalena Binda
Beatrice Pallavicini
Gianluca Selvestrel
Andrea Remuzzi
Matteo Tironi
Elena Carrara
Luca Armano
Sara Depodestà
Leonardo Salvemini
Andrea Diguardo