

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

sono per lo più basati su indagini epidemiologiche che, in molti casi, conducono a conclusioni contraddittorie anche a causa della eterogeneità delle condizioni e dei campioni di popolazione analizzati.

Le ricerche sono abbastanza concordi nell'indicare una moderata tossicità acuta del PFOS e del PFOA, e si concentrano perciò prevalentemente sugli effetti di tossicità subacuta e subcronica, che sicuramente sono più rilevanti.

3.1 Studi su animali modello

Gli studi di tossicità subacuta e subcronica di PFOA e PFOS condotti su animali modello (principalmente ratti e scimmie, talvolta pesci e polli) mostrano che i risultati dipendono significativamente dalla specie esaminata. Alcuni effetti comuni a molti animali modello utilizzati sono a carico del fegato, del metabolismo lipidico e del peso corporeo. E' stata inoltre riportata una incrementata mortalità degli individui. Negli animali modello più comunemente utilizzati (ratti e scimmie) il fegato e la tiroide, insieme al polmone e ai reni, sono i principali organi bersaglio.

Gli effetti riscontrati sono altamente dose-dipendenti: ad esempio, in studi sui ratti sono stati definiti due limiti estremi: "assenza di effetti (0.06 mg/kg BW/day) e "modifiche reversibili epatiche" (0.64 mg/kg BW/day).¹² Le ricerche hanno anche dimostrato che il PFOS si accumula principalmente nel fegato e, a

¹² R.G. Perkins, J.L. Butenhoff, G.L. Jr Kennedy, M.J. Palazzolo "13-week dietary toxicity study of ammonium perfluorooctanoate (APFO) in male rats" Drug. Chem. Toxicol. 2004, 27:361-378

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

concentrazioni più basse, anche in altri organi quali milza, cuore e siero sanguigno.

Si elencano qui di seguito in modo molto sintetico alcuni principali effetti rinvenuti su animali modello.

1) *Carcinogenicità*

Sono stati descritti effetti di epatotossicità e carcinogenicità epatica, e anche una maggiore incidenza di tumori di cellule pancreatiche.¹³ Al contrario alcuni studiosi sono giunti alla conclusione che non si osserva maggiore incidenza di tumori alla mammella nei ratti dopo l'esposizione al PFOS.¹⁴

2) *Genotossicità ed effetti epigenetici*

Vari studi *in vivo* ed *in vitro* hanno mostrato che PFOS e PFOA non sembrano essere genotossici.¹³

3) *Tossicità riproduttiva e di sviluppo*

PFOS e i PFOA sembrano non interferire con la riproduzione, né portare apprezzabili effetti teratogeni. Tuttavia, entrambe le sostanze mostrano tossicità nello sviluppo neonatale e prenatale, quando l'animale madre è stato esposto durante la gravidanza. Questo può comportare ridotto peso nella prole dopo la nascita,

¹³ European Food Safety Authority: Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. EFSA J 2008, 653:1-131.

¹⁴ J. F. Hardisty, G.A. Willson, W.R. Brown, E.E. McConnell, S.R. Frame, D.W. Gaylor, G.L. Kennedy, J.L. Butenhoff "Pathology Working Group review and evaluation of proliferative lesions of mammary gland tissues in female rats fed ammonium perfluorooctanoate (APFO) in the diet for 2 years" Drug. Chem. Toxicol. 2010, 33:131-137.

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

riduzione del numero di nati vivi e della vitalità della progenie nei primi 5 giorni di vita.¹⁵

4) Neurotossicità

Alcuni studi hanno dimostrato che il PFOS può avere influenza sul sistema neuroendocrino nei ratti. La neurotossicità si manifesta come ridotta assunzione di cibo e diminuzione del peso corporeo, influenza sul ciclo ovarico e sulla concentrazione di corticosterone e leptina nel siero sanguigno.¹⁶

E' stato anche riportato uno studio che mostra come l'effetto dei composti perfluorurati sui neuroni dell'ippocampo dei ratti dipende dalla lunghezza delle catene di atomi di carbonio delle molecole inquinanti.¹⁷ Altri effetti neurologici su ratti esposti a PFOS e PFOA si traducono in anomalie comportamentali quali, ad esempio, una ridotta o insufficiente adattabilità all'ambiente e una marcata iperattività, e colpiscono la capacità di memoria e ricognizione spaziale, anche a seguito di esposizione pre-natale. Effetti neurotossici di PFOS e PFOA sono stati osservati anche su polli¹⁸.

¹⁵ C. Lau, J.L. Butenhoff, J.M. Rogers "The developmental toxicity of perfluoroalkyl acids and their derivatives" *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2004, 198:231-241.

Lau C, Thibodeaux JR, Hanson RG, Narotsky MG, Rogers JM, Lindstrom AB, Strynar MJ: Effects of perfluorooctanoic acid exposure during pregnancy in the mouse. *Toxicol. Sci.* 2006, 90:510-518.

¹⁶ M. E. Austin, B.S. Kasturi, M. Barber, K. Kannan, P.S. Mohan-Kumar, S.M.J. MohanKumar "Neuroendocrine effects of perfluorooctane sulfonate in rats" *Environ. Health Perspect.* 2003, 111:1485-1489.

17 C. Liao, T. Wang, L. Cui, Q. Zhou, S. Duan, G. Jiang "Changes in synaptic transmission, calcium current, and neurite growth by perfluorinated compounds are dependent on the chain length and functional group" *Environ. Sci. Technol.* 2009, 43:2099-2104.

18 A. Pinkas, T.A. Slotkin, Y. Brick-Turin, E.A. Van der Zee, J. Yanai "Neurobehavioral teratogenicity of perfluorinated alkyls in an avian model" *Neurotoxicol. Teratol.* 2010, 32:182-186.

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

5) Effetti sul sistema endocrino

Numerosi studi sugli effetti endocrini condotti sui ratti, hanno mostrato alterazioni nelle concentrazioni degli ormoni tiroidei con effetti sulla temperatura corporea e sul battito cardiaco in questi animali.¹⁹ Sono anche stati riscontrati effetti a carico degli ormoni sessuali steroidei.²⁰ Ad esempio, studi sui pesci (zebrafish, trote) hanno mostrato una riduzione della capacità riproduttiva sia nel maschio, sia nella femmina.²¹ Conseguenze, anche se non accertate, di questi sbilanciamenti ormonali possono essere costituiti da tumori tiroidei e delle ghiandole mammarie.¹³

6) Immunotossicità

L'assunzione di PFOA nei ratti conduce a una riduzione del peso corporeo e a una riduzione delle dimensioni del timo e della milza.²² D'altra parte, studi condotti su ratti femmina hanno mostrato una ridotta capacità di resistenza al virus influenzale e un aumento della mortalità, in seguito all'infezione.²³ L'immunotossicità del PFOS si estende anche alla prole adulta di madri esposte a somministrazione orale di PFOS.

¹⁹ A. E. Langley, G. D. Pilcher "Thyroid, bradycardic and hypothermic effects of perfluoro-n-decanoic acid in rats" *J Toxicol. Environ. Health*. 1985, 15:485-491

²⁰ C. Lau, K. Anitole, C. Hodes, D. Lai, A. Pfahles-Hutchens, J. Seed "Perfluoroalkyl acids: a review of monitoring and toxicological findings" *Toxicol. Sci*. 2007, 99:366-394

²¹ C. Liu, J. Deng, L. Yu, M. Ramesh, B. Zhou "Endocrine disruption and reproductive impairment in zebrafish by exposure to 8:2 fluorotelomer alcohol" *Aquat. Toxicol*. 2010, 96:70-76.

²² Q. Yang, Y. Xie, J. W. Depierre "Effects of peroxisome proliferators on the thymus and spleen of mice" *Clin. Exp. Immunol*. 2000, 122:219-226.

²³ K. S. Guruge, H. Hikono, N. Shimada, K. Murakami, J. Hasegawa, L.W. Yeung, N. Yamanaka, N. Yamashita "Effect of perfluorooctane sulfonate (PFOS) on influenza A virus-induced mortality in female B6C3F1 mice" *J. Toxicol. Sci*. 2009, 3:687-691.

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

Va tuttavia sottolineato che gli studi concordemente indicano che la sensibilità agli effetti immunologici dipende spiccatamente dalla specie esaminata.

3.2 Studi epidemiologici sull'uomo

Gli studi epidemiologici sull'uomo sono piuttosto limitati. Parte di questi studi sono stati condotti su gruppi di persone con esposizione occupazionale. Questi per lo più sono consistiti in monitoraggi medici di operai in industrie fluorochimiche (compagnie 3M a Decatur, Alabama, USA e Antwerp in Belgio). Studi di questo tipo non sono particolarmente significativi per analizzare gli effetti tossicologici di PFAS in popolazioni esposte alla contaminazione tramite uso di acqua potabile o alimenti inquinati, in quanto si riferiscono a persone esposte a concentrazioni molto più elevate e, inoltre, sono campioni statisticamente non del tutto rappresentativi per età e sesso (per lo più maschi e in età lavorativa, quindi non bambini/ragazzi ed anziani).

Molto più limitati, anche se decisamente più significativi, sono gli esempi di studi epidemiologici relativi a popolazioni esposte per consumo di acqua potabile.

Vengono di seguito riportati a confronto due recenti studi epidemiologici, relativi a due casi di inquinamento da PFOA e PFOS di evidente interesse in questa relazione: il caso della regione Veneto, ed il noto caso dell'Ohio, divenuto un caso di riferimento nella letteratura internazionale (doc n.ro 1232/2).

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

a) Il caso della regione Veneto, uno studio epidemiologico dell'Enea (doc. 1383/1)

Questo studio prede le mosse dal rinvenimento di PFAS nelle acque superficiali, sotterranee e potabili della provincia di Vicenza e comuni limitrofi.

Due rapporti (2013 e 2014) dell' Agenzia Regionale della Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV) e una ulteriore pubblicazione della Regione Veneto (2015)²⁴ presentavano i risultati di campionamenti nei punti di monitoraggio della rete regionale delle acque sotterranee indicando comuni nei quali veniva rilevata presenza o superamento dei limiti di concentrazione per PFAS nelle acque destinate al consumo umano e nelle acque sotterranee.

Per superamento si intende il raggiungimento di valori superiori ai livelli di performance indicati dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS) su richiesta del Ministero della Salute (poi trasmessi alla regione Veneto con nota prot. 2565 del 29 gennaio 2014) che, come già menzionato nel precedente paragrafo 2, corrispondono a valori : 30 ng/l per PFOS, 500 nm /l per PFOA e 500 ng/l per la somma delle rimanenti 10 sostanze PFAS. Tali limiti erano poi stati aggiornati nel 2015 includendo quelli per PFBA (500 ng/L), PFBS (500 ng/L) ed innalzando così complessivamente il limite da 1.030 ng/L a 2.030 ng/L per la somma di tutti i PFAS [PFOS (30 ng/L) + PFOA (500

²⁴ Regione Veneto. Ritrovamento di sostanze perfluoroalchiliche in alcuni ambiti del territorio regionale. Analisi integrata preliminare delle aree di esposizione e primi indirizzi di Grading del rischio. Regione Veneto, Venezia 2015.

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

ng/L) + PFBA (500 ng/L) + PFBS (500 ng/L) + somma degli altri PFAS (500 ng/L)].

A seguito di questi rinvenimenti, è stato condotto uno studio epidemiologico effettuato da ENEA in collaborazione con l'Associazione dei Medici per l'Ambiente (ISDE Italia), che si è basato sui dati relativi alla qualità delle acque elaborati nell'ambito delle suddette campagne di monitoraggio dell'ARPAV e della Regione Veneto.

Si riportano di seguito in breve i risultati come descritti nella relazione trasmessa da Edoardo Bai, presidente della sezione ISDE - Associazione medici per l'ambiente - Milano, sentito nell'audizione del 6 luglio 2016, nonché nella relazione della rappresentante dell'ENEA, Marina Mastrantonio, anche lei sentita nel corso della stessa audizione (doc n.ro 1264/2 e n.ro 1383/1).

In particolare, è stata confrontata la mortalità delle popolazioni residenti nei comuni con superamento dei livelli indicati dall'ISS della concentrazione di PFAS e PFOS nelle acque potabili, con quella dei comuni dove le analisi dimostravano l'assenza di inquinamento. L'area con superamento dei livelli di PFAS si riporta essere costituita da 24 comuni, con una popolazione residente nel 2001 di 143.605 abitanti; l'area con livelli di PFOS superiore ai 30 ng/L comprendeva 19 comuni, con una popolazione residente di 131.274 abitanti; l'area con contaminazione da PFAS comprende 70 comuni, con una popolazione di 671.864 abitanti. L'indagine epidemiologica, che ha escluso i capoluoghi di provincia, è stata effettuata utilizzando la banca di epidemiologia dell'ENEA, che

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

contiene i dati di mortalità classificati per causa, relativi a tutto il territorio italiano, a livello comunale, codificati e registrati dall'Istituto nazionale di Statistica (ISTAT). In questo studio è stata confrontata la mortalità per alcune cause, selezionate sulla base delle associazioni emerse dalla letteratura scientifica tra esposizioni a PFAS e condizioni patologiche, in comuni caratterizzati dalla presenza di PFAS nell'acqua potabile a livelli superiori a quelli indicati dall'ISS, con la mortalità nei comuni confinanti privi di contaminazione. Le cause di morte prese in considerazione sono state: mortalità generale, tumore del fegato, tumore del rene, tumore della vescica, tumore del pancreas, leucemie, linfomi non Hodgkin, mieloma multiplo, tumore della mammella, tumore delle ovaie, tumore del testicolo, tumore della prostata, diabete, malattie cerebrovascolari, infarto miocardico acuto, malattia di Alzheimer e morbo di Parkinson.

Nelle popolazioni residenti nei comuni con livelli di PFAS superiori ai valori di riferimento dell'ISS sono stati osservati, come riportato nel doc. 1383/1, eccessi statisticamente significativi per la mortalità generale (9% e 10% negli uomini e nelle donne), malattie cerebrovascolari (22% e 18%) e l'infarto miocardico acuto (11% e 14%). Nelle donne sono stati rilevati anche eccessi significativi per il diabete (32%), e la malattia di Alzheimer (23%), mentre negli uomini si è osservata una minore mortalità per tumore al fegato (20%).

Nei comuni con contaminazione da PFOS superiore ai valori di riferimento ISS (doc.1383/1), in entrambi i sessi sono stati rilevati nuovamente eccessi statisticamente significativi per la mortalità

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

generale (10 e 11%), le malattie cerebrovascolari (22% e 20%) e l'infarto miocardico acuto (11% e 11%). Nelle donne sono stati nuovamente osservati eccessi per il diabete (33%) e la malattia di Alzheimer (26%), ma anche per tumore del rene (28%). Come nel caso dell'esposizione a PFAS si osserva una minore mortalità maschile per tumore al fegato (8%).

In conclusione, a valle della indagine condotta, gli autori hanno riportato che nei comuni contaminati da PFAS vi sono degli eccessi statisticamente significativi della mortalità per alcune cause che non andrebbero sottovalutati in quanto anche la letteratura scientifica suggerisce un'associazione tra queste patologie e l'esposizione a PFAS.

In particolare, tali eccessi riguardano, in entrambi i sessi, la mortalità generale, la mortalità per le malattie cerebrovascolari e per l'infarto miocardico acuto, sia nell'area con superamento dei livelli di PFAS indicati dall'ISS, sia in quella con superamento di PFOS. Nelle sole donne, per entrambi i superamenti, emergono anche eccessi di mortalità per diabete e malattia di Alzheimer e, soltanto nel caso dei PFOS, anche per tumore al rene (cfr. in proposito anche il resoconto stenografico dell'audizione in data 6 luglio 2016 della dott.ssa. Marina Mastrantonio, rappresentante dell'ENEA).

E' però opportuno sottolineare nuovamente che, come rilevato anche dalla dott.ssa Marina Mastrantonio nella sua audizione, trattandosi di uno studio epidemiologico su base geografica, e pertanto descrittivo, questo non può dimostrare nessi casuali fra esposizione alle sostanze in questione ed effetti rilevanti, anche

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

perché le patologie esaminate sono ad eziologia multipla, e mancano dei chiari dati di dipendenza dalle dosi.

b) Lo studio epidemiologico denominato Progetto Salute C8 in Ohio

Un altro studio epidemiologico di notevole importanza è quello condotto nell'ambito del progetto Salute C8 negli USA, come risultato di una azione legale collettiva (Class Action) intentata da una comunità della Mid Ohio Valley (USA) fortemente esposta a PFOA attraverso acqua potabile contaminata dall'industria chimica DuPont's Weet Virginia Washington, nel sud ovest di Parkersburg. L'industria è stata responsabile di emissioni di PFOA nell'aria e di sversamenti nel fiume Ohio a partire dagli anni cinquanta. Il PFOA così immesso nell'ambiente ha raggiunto riserve idriche di falda ed è stato riscontrato nel 2002. La Class Action operata dalla comunità contro la DuPont ha provocato un Accordo Transattivo nella Circuit Court Wood County.

Nell'ambito dell'insediamento anzidetto, Brookmar Inc., ha condotto un'indagine durata un anno (agosto 2005 - luglio 2006) denominata progetto salute C8 (Health Project C8 HPC8). Il progetto ha raccolto informazioni attraverso interviste e questionari e campioni di sangue da circa 69.000 soggetti residenti nei pressi dell'industria in West Virginia. L'accordo ha stabilito, inoltre, la designazione di un panel di scienziati esperti di salute pubblica, per valutare se ci fosse un probabile legame tra l'esposizione a PFOA ed effetti sanitari nella comunità.

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

Il Panel di esperti, dopo la realizzazione degli studi epidemiologici e la valutazione della evidenza complessiva disponibile, di cui si è già accennato nel paragrafo 2 a proposito di concentrazioni rilevate, ha prodotto una valutazione di “probabilità di associazione” tra l’esposizione al PFOA ed effetti sulla salute nella comunità del Mid Ohio, depositando alla fine presso la Corte di Giustizia un dettagliato “rapporto di valutazione”, corredato da conclusioni sulla base delle evidenze disponibili.

In sintesi, le conclusioni dei rapporti di valutazione sugli effetti studiati sono:

1) patologie per le quali il Panel, sulla base degli studi condotti e dei dati disponibili, conclude che NON SUSSISTE un’associazione probabile con l’esposizione a PFOA nella popolazione in studio. Questi sono: malattie croniche del rene, malattie epatiche, osteoartite, morbo di Parkinson, ictus, malattie infettive, malattie respiratorie, diabete di tipo II, ipertensione, malattie coronariche, malattie autoimmuni, ventuno sedi tumorali (tranne testicolo e rene), disordini nello sviluppo neurologico di bambini, difetti congeniti, aborti spontanei e nati morti, nascite premature e basso peso alla nascita;

2) per il melanoma, il tumore della tiroide, il panel conclude che l’evidenza di un link con l’esposizione al PFOA è limitata ma non sufficiente a supportare una probabile associazione;

3) patologie per le quali il Panel, sulla base degli studi condotti e dei dati disponibili, conclude che SUSSISTE un’associazione probabile con l’esposizione a PFOA nella popolazione in studio:

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

Ipercolesterolemia, colite ulcerosa, malattie tiroidee, tumori del testicolo e del rene, ipertensione indotta dalla gravidanza e preeclampsia.

Oltre agli esempi di studi epidemiologici sull'uomo sopra riportati (il caso del Veneto e quello dell'Ohio) vi sono altre ricerche pubblicate sugli effetti dei PFAS e più in generale dei PFC, alcune delle quali meritano di essere menzionate poiché, sebbene meno generali e riferite a campioni statisticamente meno significativi, e talvolta contraddittori, aggiungono elementi ad una valutazione del quadro complessivo sulla tossicità della classe di inquinanti in discussione.

Nell'insieme tali studi indicano che:

Gli organi *target* appaiono diversi negli animali e nell'uomo, pur se va segnalato che il pancreas è stato visto essere pronò alla crescita cancerosa a seguito di esposizione massiva e prolungata, sia negli umani che negli animali. Ad esempio, gli studi epidemiologici sull'uomo, e in particolare sugli operai esposti a composti perfluoroorganici, non mostrano correlazioni con epatotossicità per concentrazioni di PFOS al di sotto di 6 mg/L.²⁵ Più in generale, non esistono studi conclusivi che dimostrino epatotossicità nell'uomo e questo marca una notevole differenza con i modelli animali, nei quali il fegato è stato ravvisato come uno dei principali organi bersaglio.

²⁵ G. W. Olsen, J. M. Burris, J.H. Mandel, L. R. Zobel "Serum perfluorooctane and hepatic and lipid clinical chemistry tests in fluorochemical production employees" J. Occup. Environ. Med. 1999, 41:799-806.

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

Alcuni studi volti a verificare delle correlazioni tra l'esposizione dei lavoratori e le morti per effetto di ischemie cardiache su 747 operai della DuPont Washington Works non hanno portato a definire alcuna correlazione, con ciò ribadendo ancora una volta la scarsa significatività statistica dei campioni esaminati.²⁶

Gli unici dati significativi, rinvenuti da uno studio generale su un campione di popolazione americana, sembrano associare elevati valori di PFOS e PFOA nel siero sanguigno con l'insorgenza di patologie tiroidee.²⁷

Uno studio pubblicato nel 2008 da Andreson-Mahoney su circa 600 persone esposte al PFOA attraverso l'acqua potabile sembra suggerire una maggiore incidenza, rispetto alla popolazione non esposta, di problemi quali angina, bronchiti croniche, infarti miocardici, asma, pur se la correlazione certa di questi disturbi con l'esposizione al PFOA resta da dimostrare.²⁸

Anche gli studi sugli effetti dei PFOS e PFOA sulla fertilità umana non sono ancora conclusivi. Non si è potuta infatti dimostrare nessuna correlazione definitiva tra la presenza di PFOS e PFOA nel sangue delle madri e nascite premature o problemi ai neonati pur esistendo delle deboli evidenze sulla frequenza di preeclampsia e di difetti congeniti.²⁹

²⁶ C. J. Sakr, J. M. Symons, K.H. Kreckmann, R.C. Leonard "Ischaemic heart disease mortality study among workers with occupational exposure to ammonium perfluorooctanoate" *Occup. Environ. Med.* 2009, 66:699-703

²⁷ D. Melzer, N. Rice, M.H. Depledge, W.E. Henley, T.S. Galloway "Association between serum perfluorooctanoic acid (PFOA) and thyroid disease in the U.S. National Health and Nutrition Examination Survey" *Environ. Health Perspect.* 2010, 118:686-692.

²⁸ Anderson-Mahoney P, Kotlerman J, Takhar H, Gray D, Dahlgren J: Selfreported health effects among community residents exposed to perfluorooctanoate. *New Solut.* 2008, 18:129-143.

²⁹ C.R. Stein, D.A. Savitz, M. Dougan M "Serum levels of perfluorooctanoic acid and perfluorooctane sulfonate and pregnancy outcome" *Am. J. Epidemiol.* 2009, 170:837-846

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

Altri studi su donne gravide hanno mostrato che la durata della gravidanza e dell'allattamento al seno sono associate inversamente ai livelli di PFC (polifluorocarburi).³⁰ L'esposizione ai PFC è stata correlata con una riduzione dello sviluppo fetale e, probabilmente, con danni al sistema endocrino femminile, ma pochi altri effetti sulla salute neonatale sono stati associati con sicurezza all'esposizione ai PFC. In particolare, PFOS, PFOA, PFNA (Acido perfluorononanoico) e PFHxS (Acido perfluoroesansolfonico) sono stati rilevati nel siero di circa il 100% delle donne gravide esposte. PFC sono stati inoltre rilevati nel latte materno. La presenza diffusa di PFC nel sangue del cordone ombelicale, nel liquido amniotico e nel tessuto placentare indicano che i PFC possono attraversare la placenta. Il grado di attraversamento placentare cambia con le proprietà biochimiche di ciascun composto; in particolare, i PFC a catena corta e i PFC che si legano alle proteine grasse del sangue sono quelli che vengono più facilmente trasferiti dal siero materno al siero ombelicale. In dipendenza del congenere, il livello PFC materno può essere da uno a sei volte più alto di quello ombelicale. L'allattamento al seno è considerato una delle fonti maggiori di esposizione neonatale ai PFC; infatti, i livelli di PFC nel latte materno possono essere più alti di quelli del siero. In aggiunta, allattamenti lunghi o esclusivi sono associati a livelli più alti di PFC negli infanti.

Pare opportuno, a conclusione di questo paragrafo, citare alcuni altri esempi di studi più particolari, anche allo scopo di dare un'idea

³⁰ C. Fei, J.K. McLaughlin, L. Lipworth, J. Olsen "Maternal levels of perfluorinated chemicals and subfecundity" *Hum. Reprod.* 2009, 24:1200-1205

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

della ampiezza dell'indagine, dell'incertezza dei risultati ma, comunque, del grado di preoccupazione che circonda questa classe di composti.

A) Nel 2011 è stato riportato un primo studio sugli effetti neuropsicosomatici dell'esposizione ai PFAS nei bambini³¹. Questo studio suggerisce un'associazione tra l'esposizione ai PFAS e l'impulsività. Sebbene i dati siano significativi, gli autori ritengono che sia necessario estendere lo studio a un campione più ampio.

B) E' stato anche dimostrato che PFOA e PFOS possono indurre disfunzioni polmonari che esacerbano le iperresponsività delle vie respiratorie indotte da allergeni e infiammazioni.³²

C) Un primo studio completo sull'effetto dell'esposizione ai PFAS sulla qualità dello sperma umano ha dimostrato che l'esposizione a PFOA è associata a deformazioni della morfologia degli spermatozoi.³³

D) Uno studio condotto da un gruppo di ricercatori italiani su un gruppo di 38 donne gravide residenti a Roma ha mostrato una correlazione tra la presenza di PFOS e PFOA nel sangue materno e in quello del cordone ombelicale del nascituro, dimostrando di fatto un passaggio degli inquinanti dalla madre al figlio.³⁴

³¹ B.B.Gump, Q.Wu, A.K.Dumas, K.Kannan "Perfluorochemical (PFC) exposure in children: associations with impaired response inhibition" *Environ. Sci. Technol.* (2011) 45(19):8151-9.

³² M. H. Ryu, A. Jha, O. O. Ojo, T. H. Mahood, S. Basu, K. A. Detillieux, N. Nikoobakht, C. S. Wong, M. Loewen, A. B. Becker A.J. Halaiko "Chronic exposure to perfluorinated compounds: Impact on airway hyperresponsiveness and inflammation" *Am. J. Physiol. Lung. Cell. Mol. Physiol.* (2014) 307(10):L765-74.

³³ G.M. Buck Louis, Z. Chen, E. F. Schisterman, S. Kim, A. M. Sweeney, R. Sundaram, C. D. Lynch, R. E. Gore-Langton, D. Boyd Barr Perfluorochemicals and human semen quality: the LIFE study" *Environ. Health Perspect.* (2015) 123(1):57-63.

³⁴ M.G. Porpora, R. Lucchini, A. Abballe, A.M. Ingelido, S. Valentini, E. Fuggetta, V. Cardi, A. Ticino, V. Marra, A.R. Fulgenzi, E. De Felip "Placental Transfer of Persistent Organic Pollutants: A Preliminary Study on Mother-Newborn Pairs" *International Journal of Environmental Research and Public Health* (2013), 10, 699. Tale pubblicazione è un documento acquisiti dalla commissione con numero 1245/2.

Relazione tecnica su inquinanti PFAS

Prof. Gianluca M. Farinola

4. CONCLUSIONI

La presente relazione tecnica è stata redatta a conclusione dell'incarico conferito al sottoscritto dalla *Commissione Parlamentare di Inchiesta sulle Attività Illecite Connesse al Ciclo dei Rifiuti e su Illeciti Ambientali ad Esse Correlati* con nota del Presidente On. Bratti in data 18 maggio 2016 (Prot. n. 3950).

L'obiettivo della relazione è stato quello di abbracciare in una visione di insieme, seppure in maniera non esaustiva, il complesso quadro relativo alle conoscenze attuali sull'inquinamento da PFAS, con particolare riferimento all'inquinamento di corpi idrici per uso irriguo e per approvvigionamento di acqua potabile, focalizzandosi sul caso del rilevamento di inquinamento da PFAS nella regione Veneto.

Si è cercato di compendiare in poche pagine, integrando lavori selezionati dalla letteratura scientifica e parte dei documenti acquisiti dalla Commissione, lo stato attuale delle conoscenze tecnico-scientifiche sulle fonti e la diffusione di questi inquinanti e sui loro effetti tossicologici.

In quest'ultimo paragrafo vengono tratte delle brevi considerazioni conclusive, specialmente in merito allo stato delle conoscenze degli aspetti tossicologici.

Il quadro generale che emerge dalla analisi della letteratura scientifica e dei documenti ed audizioni acquisiti dalla Commissione è caratterizzato da un alto grado di frammentarietà, ed in alcuni casi di contraddittorietà, delle conoscenze sugli effetti tossicologici di queste sostanze. Ciò riguarda non solo le correlazioni causa-effetto