**“Špinavých dvanáct” pesticidů. Chemické a toxikologické aspekty.**

Lubomir Simeonov, Yordan Simeonov

Space Research and Technology Institute (SRTI)

Bulgarian Academy of Sciences (BAS)

Acad. G. Bonchev Str., Block 1

1113 Sofia, Bulharsko

lubomir.simeonov@gmail.com



Stockholmská úmluva na perzistentní organické polutanty, podepsaná v roce 2001, zakázala nebo výrazně omezila používání dvanácti chlorovaných organických sloučenin nebo tříd z důvodů jejich toxicity a schopnosti akumulovat se v životním prostředí a celosvětových potravních řetězcích. Mezi nimi bylo na iniciální listině 11 pesticidů: aldrin, chlordan, DDT, dieldrin, endrin, heptachlor, hexachlorbenzen, chlordekon, hexachlorcyklohexan, mirex, toxafen (v platnost vešla tato úmluva v roce 2004 a 9 z těchto pesticidů zůstalo na seznamu, chlordekon a lindan jsou v seznamu od roku 2009 – viz níže). Tyto pesticidy hrály historickou úlohu ve zmínění zdravotních následků u lidských nemocí přenášených parasity jako je malárie a v ochraně úrody, čímž umožnily lepší výživu pro rostoucí populaci speciálně v subtropických a tropických oblastech. Tyto sloučeniny, označené v novinářském žargonu jako “**špinavých dvanáct,**” byly obsaženy v přílohách A, B a C.

Příloha A – Úmyslně produkované chemikálie, které mají být zlikvidovány

Příloha B – Úmyslně produkované chemikálie, které mají být omezeny

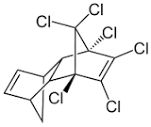
Příloha C – Neúmyslně produkované chemikálie

Signatáři Stockholmské úmluvy souhlasili s pravidelným přezkoumáváním seznamu a přidáváním dalších látek nebo skupin, pokud splní určitá kritéria persistence a nebezpečnosti v mezinárodním měřítku. Další seznam 9 nových chemikálií byl přidán k úmluvě na konferenci v Ženevě 8. května 2009. Z nich byly 4 pesticidy, 3 isomery hexachlorcyklohexanu (mezi nimi je lindan) a chlordekon -(kepon). Jiné jsou bromované zpomalovače hoření a perfluorované organické kyseliny, obojí bez vztahu k pesticidům. V květnu 2011 (konference v Paříži) byl technický endosulfan a jeho odvozené isomery přidány do seznamu.

Obavy o lidské zdraví a životní prostředí jsou založeny hlavně na dlouhodobých účincích některých látek, zejména díky endokrinním poruchám, interferencí s reprodukcí a kancerogenezi. Na druhé straně je ale nutno zmínit, že skutečný rozsah těchto účinku v reálných podmínkách je stále předmětem aktivním diskuze a výzkumu. I odhad rizik a analýza rizika/prospěchu u některých klíčových pesticidů jako DDT stále vyžadují důkladný výzkum s cílem objasnění mechanismů toxicity a její závažnosti pro lidské jedince v různých fázích jejich života.

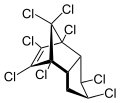
Následkem Stockholmského zákazu se v některých zemích nahromadily velké zásoby nepoužívaných pesticidů, které tak představují závažnou hrozbu pro životní prostředí a pro lidské zdraví, také díky neodvratitelné degradaci aktivních látek na obtížně zvladatelný materiál.

**ALDRIN** (příloha A) byl používán v průmyslu, zemědělství a ochraně lidského zdraví. Byl široce využíván k ochraně semen a půdy, dokud nebyl zakázán ve většině zemí v 70. letech 20. století. Do půdy byl aplikován k usmrcení termitů (všekazů), kobylek, bázlivce kukuřičného (*Diabrotica virgifera*, anglicky “corn rootworm”) a jiných hmyzích škůdců. Mezi lety 1946 a 1976 bylo vyrobeno okolo 270 000 tun aldrinu a blízkých pesticidů.

CAS: 309-00-2

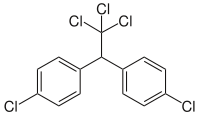
Aldrin je toxický pro lidi, letální dávka aldrinu pro dospělého jedince je odhadována na 5 g, což je ekvivalent 83 mg na kg váhy. Příznaky intoxikace aldrinem zahrnují bolesti hlavy, závrať, nauzeu, celkovou slabost a zvracení, které jsou následovány svalovými stahy a křečemi. I když mohou být tyto účinky relevantní v náhodné nebo úmyslné akutní intoxikaci, expozice látce z životního prostředí má malé, pokud vůbec nějaké, závažné účinky.

**CHLORDAN** (příloha A). Byl používán jako ektoparasitikum, insekticid, termicid (včetně budov, přehrad a cest) a aditivum v překližkových lepidlech. Chlordan je vice chlorovaný analog heptachloru, také připraven z hexachlorocyclopentadienu a cyclopentadienu, následnou cholorací – včleněním dalších 3 chloridových atomů. Výsledkem je technická směs dvou isomerů, α a β, přičemž β isomer je vice účinný. Technická směs obsahuje chlordan, heptachlor, nonachlor a blízké sloučeniny. Chlordan byl nejdřív nasystetizován v roce 1944 a byl na trhu v USA od roku 1948-1988 ve formě prášku a emulzifikovaného roztoku.

 CAS: 57-74-9

Mnohočetné toxikologické studie publikované v posledních pěti letech, které měřily metabolity chlordanu v lidské krvi, informovaly že vyšší koncentrace oxychloradanu zvyšují riziko kognitivního úpadku, poškození jater, ischemické choroby dolních končetin, nádoru prostaty, diabetu mellitus 2. typu a obesity. V jiných epidemiologických průzkumech, vyšší hladiny oxychlordanu jak v krvi, tak i tukové tkání zvyšují riziko nehodgkinského lymfomu a podobně vyšší koncentrace v mozkové tkáni zvyšuji riziko Parkinsonovy nemoci.

**DDT** (příloha B). **D**ichlor**d**ifenyl**t**richlorethan (DDT) byl poprvé nasyntetizován v roce 1874. Jeho insekticidní vlastnosti byly objeveny v roce 1938 v laboratoři **Paula Müllera** (firma Ciba v Basileji, Švýcarsko). Müllerovi byla udělena Nobelova cena za fyziologii a medicínu v roce 1948 *„za jeho objev vysoké účinnosti DDT jako kontaktního jedu proti několika členovcům*“. DDT byl používán s velkým úspěchem ve druhé světové válce ke kontrole malárie a tyfu mezi civilním obyvatelstvem i v armádě. V době jeho objevu byl nejznámějším a nejužitečnějším pesticidem, za jeho výhody byla považována stabilita, vysoká persistence, nízké náklady, nízká savčí toxicita a široké spektrum insekticidální účinnosti. Následkem více jak 15 let volného použití v zemědělství a domácnostech (v 60. letech 20. století bylo aplikováno okolo 400 000 tun ročně celosvětově), došlo k téměř kompletní eradikaci malárie v předtím několika endemických oblastech.

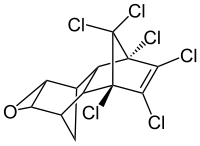
 CAS: 50-29-3

DDT poškozuje endokrinní systém. Je považován za pravděpodobný lidský kancerogen, i když většina studií ukázala, že není přímo genotoxický. DDT také působí jako slabý androgen a má také určité estrogenní účinky.

Akutní toxicita. DDT je klasifikován jako “středně nebezpečný” podle Světové zdravotnické organizace (WHO). DDT byl v ojedinělých případech podán dokonce jako p.o. léčba otravy barbituráty.

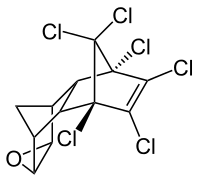
Chronická toxicita: Epidemiologické důkazy naznačují, že endokrinní poruchy mohou nastat u lidí jako výsledek jeho expozici. EPA (Agentura na ochranu životního prostředí, „Environmental Protection Agency”) konstatovala, že expozice DDT poškozuje reprodukční systém a snižuje plodnost. Tyto účinky mohou být relevantní nejen pro reprodukci ale také při vývoji. Data z lidských studií naznačují možné poškození kvality spermií, poruchy menstruace, délky gestace a tvorby mléka. U mužů je skutečně dokumentováno poškození kvality spermií při vysoké expozici DDT. DDT je také spojen s rizikem brzkého potratu. Japonská studie vrozeného hypotyroidismu zjistila, že expozice DDT může ovlivnit hladiny hormonů štítné žlázy a hrát významnou roli v incidenci a/nebo přímo způsobit kretenismus. Jiné studie nalezly interference DDT se správnou funkcí štítné žlázy v těhotenství a dětství.

**DIELDRIN** (příloha A). Dieldrin je aktivní epoxid aldrinu a je průmyslově vyráběn epoxidací aldrinu. Používá se ke kontrole termitů, textilních škůdců, hmyzem přenášených nemocí a hmyzu žijícího v zemědělské půdě. Dieldrin je toxický u lidí a jeho letální dávka je odhadována na 10 mg na kg váhy. Je tedy vice toxický než jeho metabolický prekurzor, aldrin. Poprvé byla jeho farmakodynamika na lidských dobrovolnících studována v roce 1969. Sledování na pracovnících v chemické továrně na přípravu pesticidů (aldrinu, dieldrinu, endrinu a také známého zvířecího karcinogenu dibromchlorpropanu) ukázala na zvýšení nádorů jater a žlučových cest.

 CAS: 60-57-1

Je spojován se zdravotními problémy jako Parkinsonova choroba, nádor prsu a poškození imunitního, reprodukčního a centrálního nervového systému. Poškozuje také endokrinní systém - působí jako estrogen a antiandrogen, může nepříznivě působit na sestup varlat u mužského plodu, pokud byla těhotná žena vystavena této látce.

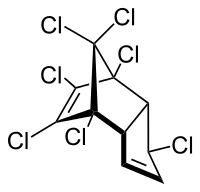
**ENDRIN** (příloha A). Kolem 80% endrinu bylo spotřebováno ke kontrole hmyzích škůdců bavlny. Byl používán také k ochraně produkce rýže, cukrové třtiny, obilí, cukrové řepy, tabáku a brukvovitých plodin stejně jako v ovocných sadech ke kontrole hlodavců a ochraně bavlníkových a fazolových semen. Endrin se ukázal jako kancerogen v několika tkáních u potkanů a možná i u myší a psů. Několik případů akutních i fatálních intoxikací bylo popsáno při požití endrinem kontaminovaného jídla v různých zemích podobně jako při otravách zvířat i domácích mazlíčků. Nejasná skupina případů křečí se objevila v USA v roce 1988 a byla označena jako “Příběh toxických taquitos” (taquito je mexické jídlo). Stopy endrinu byly nalezeny v tortilách (2.4 do 4.6 ppm, což odpovídá méně než 0.1 mg na kus) zakoupených několika rodinami v jednom obchodě v Orange County (Kalifornie). Po požití byly u postižených osob nalezeny toxické účinky po dávkách odhadovaných na 50 μg/kg, tj. 4x menších než se původně předpokládalo. V porovnání s dieldrinem, je endrin méně perzistentní v životním prostředí.

 CAS: 72-20-8

**Expozice.** Expozice endrinu může nastat inhalací, požitím kontaminovaného jídla nebo přes kůži. U dětí k tomu může dojít navíc příjmem mateřského mléka exponovaných žen nebo transplacentálním přenosem z matky na plod.

**Neurologické účinky.** Symptomy otravy endrinem zahrnují bolesti hlavy, závratě, nervozitu, zmatení, nevolnost, zvracení a křeče. Akutní intoxikace u lidí zahrnuje primárně nervový systém. Látka působí jako neurotoxin, který blokuje aktivitu inhibičních neurotransmiterů, a vede ke křečím a smrti. Endrin se distribuuje do tukové tkáně, odkud se pomalu uvolňuje. Z tohoto důvodu se mohou projevy akutní otravy projevit i měsíce po iniciální expozici. Mohou být nalézeny i abnormality v EEG a to i bez klinických symptomů, příčinou je poškození mozkového kmene.

**HEPTACHLOR** (příloha A) je insekticid a používal se také jako fumigant (těkavý pesticidní přípravek užívaný v plynném stavu k ničení škůdců). Díky Stockholmské konvenci byl jeho prodej výrazně omezen na specifické použítí proti ohnivým mravencům (více viz níže Mirex) u podzemních transformátorů. Epoxid heptachlor zůstává v půdě po dekády bez významné degradace. Jak samotná látka, tak tento epoxid mohou být absorbovány do půdy a vypařovat se. Poločas heptachloru v životním prostředí je cca 1.3-4.2 dnů ve vzduchu a 0.03-0.11 let ve vodě a 0.11-0.34 let v půdě. Jako ostatní persistentní organické polutanty je silně lipofilní a jen obtížně rozpustný ve vodě a proto má tendenci se akumulovat v lidské tukové tkání. Stejně je tomu u zvířat.

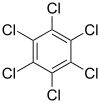
 CAS: 76-44-8

**Expozice.** Lidé byli vystaveni heptachloru v pitné vodě a potravinách včetně mléka. I když byl zakázán ve Stockholmské úmluvě v 80. letech, stále se jeho epoxid nachází v půdě a vodních zdrojích a může se tak dostat do potravin a mléka. Vysoké hladiny zvyšují riziko vzniku diabetu 2. typu o cca 7%.

Mezinárodní agentura na výzkum rakoviny (The International Agency for Research on Cancer - IARC - Paříž) a EPA jej klasifikovaly jako možný lidský kancerogen. Zvířata vystavena epoxidu heptachloru během intrauterinního vývoje a raných let měla změny v nervovém systému a ve funkci imunitního systému. Vysoké dávky heptachloru při expozici novorozeným zvířatům navodily pokles tělesné hmotnosti a smrt.

Podle EPA je maximální kontaminanční hladina (MCL, maximum contaminant level) pro pitnou vodu 0.0004 mg/L pro heptachlor a 0.0002 mg/L pro jeho epoxid. Podle zprávy americké Agentury pro toxické látky a registr nemocí (ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry) z roku 1993 nebyly nalezeny práce ve vztahu k úmrtí u lidí po orální expozici heptachloru nebo jeho epoxidu.

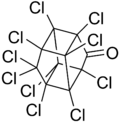
**HEXACHLOROBENZEN** (příloha A a C) byl používán jako fungicin k ochraně semen pšenice před houbovým onemocněním snětí pšeničnou (rod *Tilletia*, angl. bunt). Jeho poločas u lidí se odhaduje okolo 6 let. Nejcitlivějšími organy jsou játra, vaječníky a centrální nervový systém. Je dobře známo, že může navodit porfyrii přes tvorbu reaktivních radikálů. Jeho spíše unikátní lipofilita hraje v tomto procesu roli. Požití pšenice kontaminované touto látkou je spojováno s dermální toxicitou u lidí, kdy může dojít k puchýřkovatění kůže.

 CAS: 118-74-1

**Expozice**. Tato látka má relativně malou akutní toxicitu ale díky perzistenci a kumulativní povaze se koncentruje v tkáních s vysokým obsahem tuku.

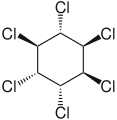
**Specifická nehoda spojená s jeho expozicí.** V letech 1955 a 1959 vedlo požití chleba připraveného z obilí kontaminovaného touto látkou k chemické *porfyrii* v Anatolii (Turecku), kde 500 lidí bylo smrtelně otráveno a více jak 4000 lidí onemocnělo. Oběti byli postiženi onemocněním jater známým jako *porphyria cutanea tarda*, které postihuje metabolismus hemoglobinu a vede ke kožním lézím. Většina kojených dětí s věkem pod 2 roky zemřela na tzv. "*pembe yara*" neboli "*pink sore*" (volně přeloženo jako “růžové boláky”) pravděpodobně díky expozici vysokým dávkám hexachlorbenzenu v mateřském mléce. Sledováním 252 pacientů 20-30 letech od expozice jsou dobře dokumentovány symptomy spojené s intoxikací touto látkou. Jedná se zejména o různé symptomy hlavně dermatologického, neurologického a ortopedického charakteru: jizvovatění tváře a rukou (83.7%), hyperpigmentace (65%), hypertrichóza (44.8%), vyzáblý obličej (40.1%), bezbolestná artritida (70.2%), malé ruce (66.6%), poruchy citlivosti (60.6%), myotonie (37.9%), trhavé pohyby (41.9%), zvětšení štítné žlázy (34.9%) a zvětšení jater (4.8%).

**CHLORDEKON (KEPON)** (příloha A). V USA byl produkován Allied Signal Company v Hopewell (Virginia). Jeho vypouštění do James River v 60. a 70. letech 20. století mělo za následek toxické účinky na přírodu a to až v takovém rozsahu, že guvernér státu v roce 1975 zakázal rybaření. Výroba keponu byla zastavena v USA až v roce 1976. Na francouzském ostrově Martinique byla používána bez omezení na banánových plantážích s argumetem, že není dostupná žádná alternativa, a to i přes její zákaz ve Francii v roce 1990. Až v roce 2003 omezily lokální autority kultivaci plodin, protože půda byla vážně kontaminována keponem.

 CAS: 143-50-0

**Expozice.** Stejně byl kontaminován i blízký ostrov Guadeloupe, který má jednu z nejvyšších incidencí nádorů prostaty na světě. V roce 1978 bylo pozorováno, že řada dělníků v továrně na kepon trpí klinickými projevy jako např. nervozitou, třesem, ztrátou váhy, pleuritickou bolestí a bolestmi v kloubech a oligospermií. V porovnání se zaměstnanci, kteří se nepodíleli na výrobě byla incidence u výrobních zaměstnanců 64% (v porovnání s 16% u těch nevýrobních). Také průměrná hladina keponu v krvi byla signifikantně vyšší u pracovníků s projevy onemocnění než těch bez něj (průměr 2.53 ppm oproti 0.60 ppm).

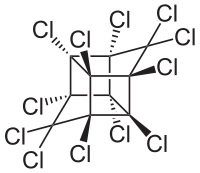
**HEXACHLORCYCLOHEXAN** (příloha A) byl používán v humánních přípravcích na vši a svrab jako lék druhé volby. Někdy je uváděn špatně jako benzenhexachlorid, ale neměl by se zaměňovat s hexachlorbenzenem /viz výše/. Hexachlorcykloxan existuje minimálně v 9 stereoisomerech, z nichž alespoň 3 (α-, β- a γ- isomery) mají insekticidální vlastnosti. Poslední, tj. γ-isomer, je z nich nejaktivnější a je znám také jako lindan. Surová směs, která se získá fotochemickou chlorací benzenu obsahuje z 10-18% γ-isomer, z 55-70% α-isomer, 5-14% β-isomer, 6-8% δ-isomer, 3-4% ε-isomer a stopy η-isomeru společně s malým množstvím hepta- and okta-chlorocyclohexanu, které přispívají k nepříjemnému zápachu technického lindanu.

 CAS: 319-84-6, 319-85-7, 58-89-9

**Expozice**. Jak EPA, tak WHO klasifikují lindan jako středně akutně toxický. Většina nežádoucích účinků lindanu u lidí byla pozorována ve vztahu k jeho zemědělskému použití a chronické, pracovní expozici u dělníků ošetřujících semena. Vystavení se vysokým množstvím lindanu způsobuje poškození nervového systému a vede k řadě symptomů od bolestí hlavy a závratí ke křečím a zřídka kdy až k úmrtí. Zdá se, že lindan neovlivňuje imunitní systém u lidí a není považován za genotoxický. Prenatální expozice lindanu a vedlejším produktům jeho výroby je spojována se změněnými hladinami hormonů štítné žlázy a může mít vliv na vývoj mozku.

**Nádorové riziko.** Většina hodnocení lindanu došla k závěru, že může způsobit nádory. Lindan a jeho isomery jsou už od roku 1989 na několika seznamech kancerogenů. V roce 2015, IARC klasifikovala lindan jako známý lidský kancerogen, což EPA učinila už dříve v roce 2001.

**MIREX** (příloha A). Tato látka byla silně populární pro kontrolu importovaných tzv. ohnivých mravenců (*Solenopsis saevissima richteri* a *Solenopsis invicta, anglicky „*red imported fire ants“), ale na základě jeho chemické odolnosti a lipofility jde o látku s nebezpečnou bioakumulací ve vodních i suchozemských potravních řetězcích. Mirex je vysoce rezistentní k mikrobiální degradaci, je pouze pomalu dechlorován na monohydroderivát anaerobními mikroby v odpadním kalu a střevními bakteriemi. Je ironií osudu, že použití mirexu podpořilo rozšíření výše zmíněných ohnivých mravenců, protože také zabíjí domorodé mravence, kteří jsou konkurenty ohnivých mravenců. EPA zakázala jeho používání v roce 1976 poté, co bylo zhruba 250 tun mirexu aplikováno na pole během let 1962-1975.

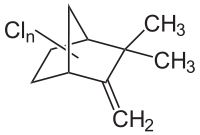
 CAS: 2385-85-3

**Expozice**. Do lidského těla se může dostat inhalací, pozřením nebo přes kůži. Na zvířecích modelech jsou nejcitlivějším orgánem při opakované expozici játra. Ve vyšších dávkách je také fetotoxický (25 mg/kg v potravě) a teratogenní (6 mg/kg za den). U myší a potkanů byla také prokázána kancerogeneze. Pro intoxikaci mirexem je typická opožděná toxicita až úmrtí. Mirex je toxický pro celou řadu vodních organismů. IARC (1979) zhodnotil mirex jako kancerogen se závěrem, že "existuje dostatečný důkaz pro jeho kancerogenezi u myší a potkanů. I když nejsou dostupná data pro lidskou populaci, může být konstatováno, že existuje riziko kancerogeneze i u lidí”.

Ve zprávě ATSDR z roku 1995 je konstatováno, že mirex způsobuje steatózu jater, hyperexcitabilitu a křeče, a také interferuje s rozmnožováním zvířat. Má též silný vliv na endokrinní systém, interferuje s fyziologickými procesy zprostředkovanými estrogeny jako ovulace, těhotenství a růst endometria. U samic hlodavců také vedl k indukci nádoru jater právě díky interakci s estrogeny.

**TOXAFEN** (příloha A). Toxafen je komplexní směs, ve které je nejméně 670 látek. Zahrnuje chlorbornany, chlorkamfeny a jiné bicyklické chlorované organické sloučeniny. Minimálně některé z nich jsou dostatečně těkavé, aby se mohly dostat atmosférou i do velkých vzdáleností. Toxafen se používal jako insekticid. Mezi lety 1970-1995 je odhadováno, že jeho celkové globální použití bylo 670 000 tun. V USA během první poloviny 70. let 20. stol. byl toxafen nejvíce využívaným pesticidem. Vrchol produkce nastal v roce 1975 s 30 000 tunami. Byl zejména používán v oblastech pro pěstování bavlny a soji v jihovýchodní části země.

V roce 1982 byl zakázán pro většinu použití a v roce 1990 na jakékoliv použití v USA. Ale v roce 2010 byl stále dostupný díky 11 poskytovatelům, z nichž 7 bylo dokonce v USA.

 CAS: 8001-35-2

**Expozice.** Hlavní tři cesty expozice toxafenu jsou pozření, inhalace a absorpce přes kůži. U lidí byly hlavním zdrojem pozření toxafenu mořské plody. Po vstupu do těla se většinou akumuluje v tukové tkání. Je rozkládán dechlorací a oxidací v játrech. Speciálně lidé žijící v blízkosti oblastí s vysokou kontaminací toxafenem mají vysoké riziko expozice toxafenu přes inhalaci kontaminovaného vzduchu nebo přímým kontaktem s kontaminovanou půdou nebo vodou.

**Účinky na lidské zdraví**. Při inhalaci nebo pozření postihuje plíce, nervový systém, ledviny a může způsobit smrt. Nejvýznamnější účinky na lidské zdraví zahrnují právě stimulaci centrálního nervového systému vedoucí k respiračnímu selhání a epileptickým křečím. Dávka nutná k vyvolání nefatálních křečí u lidí je okolo 10 mg/kg denně. Chronická intoxikace u lidí vede k reverzibilní dýchací toxicitě. Studie ukázaly, že expozice toxafenu zvyšuje riziko bronchiálního karcinomu. Testy na laboratorních zvířatech dokumentovaly, že toxafen vede nádoru jater a ledvin. Proto je také toxafen klasifikován jako “pravděpodobný lidský kancerogen”. Podle IARC jde o karcerogen skupiny 2B. Lze jej detekovat v krvi, moči, mateřském mléce a lidských tkáních při vysoké expozici.

Použitá literatura

1. Chemicals as Intentional and Accidental Global Environmental Threats, 2006, Lubomir Simeonov and Elisabeta Chirila (eds), NATO Science for Peace and Security, Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media, Dordrecht, ISBN 1-4020-5096-8.

2. Soil Chemical Pollution, Risk Assessment, Remediation and Security, 2008, Lubomir Simeonov and Vardan Sargsyan (eds), NATO Science for Peace and Security, Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media, Dordrecht, ISBN 978-1-4020-8255-9.

3. Exposure and Risk Assessment of Chemical Pollution - Contemporary Methodology, 2009, Lubomir I. Simeonov and Mahmoud A. Hassanien (eds), NATO Science for Peace and Security, Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media, Dordrecht, ISBN 978-90-481-2333-9.

4. Environmental Heavy Metal Pollution and Effects on Child Mental Development, 2011, Lubomir I. Simeonov, Mihail V. Kochubovsky, Biana G. Simeonova (eds), NATO Science for Peace and Security, Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media, Dordrecht, ISBN 978-94-007-0252-3.

5. Environmental Security Assessment and Management of Obsolete Pesticides in Southeast Europe, 2013, L.I.Simeonov, F.Z.Makaev, B.G.Simeonova (eds), NATO Science for Peace and Security, Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media, Dordrecht,  ISBN 978-94-007-6460.Agricultural



<https://toxoer.com>

Koordinátor projektu: Ana I. Morales

Adresa pracoviště: Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007 Salamanca, Španělsko.

Telefon: +34 663 056 665