



ARSENICPLATFORM

HUSRB/1002/121/075



Uticaj prirodnih organskih materija na kvalitet vode za piće

Természetes szerves anyagok hatása az ivóvíz minőségére

Dr Jelena Molnar

Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine

Prirodno-matematički fakultet u Novom Sadu

Újvidéki Tudományegyetem, Természettudományi-matematikai Kar

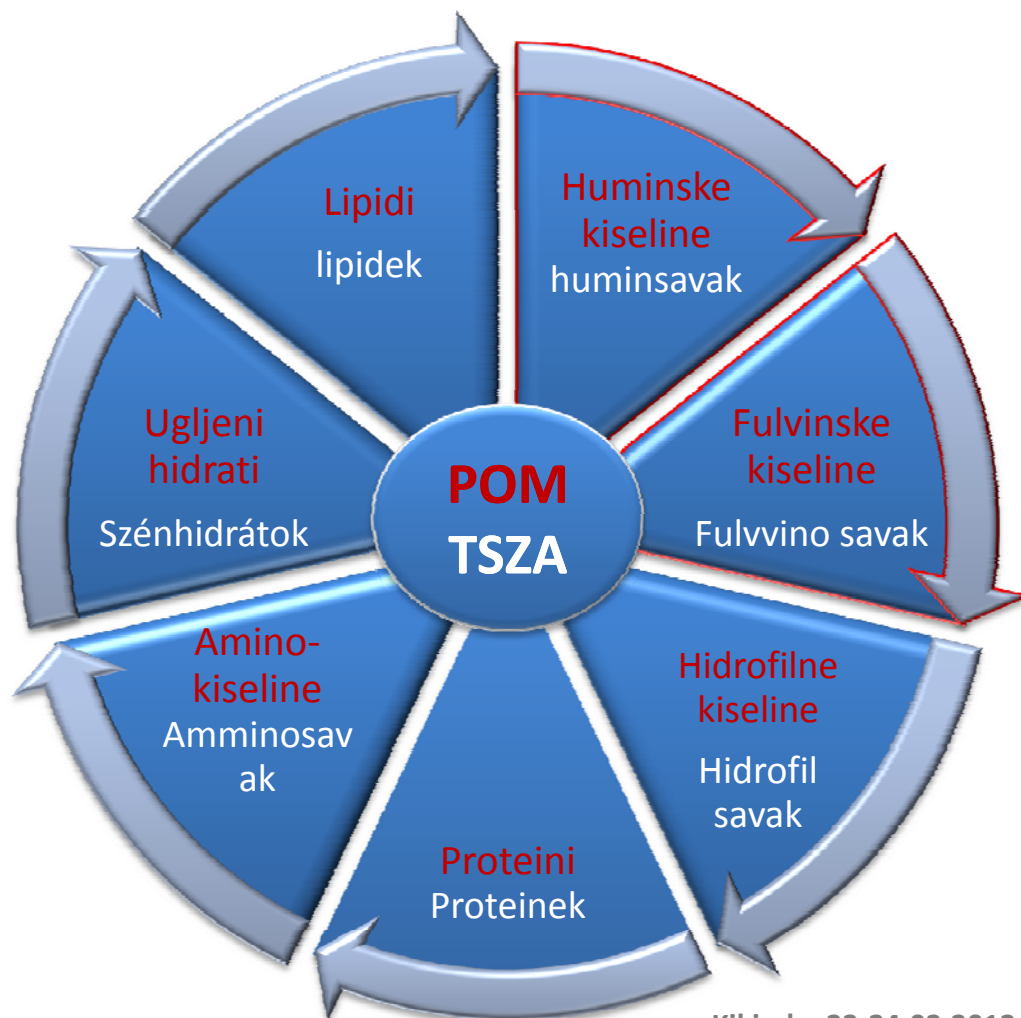


Projekat sufinansira
Evropska unija

Kikinda, 23-24.02.2012.

PRIRODNE ORGANSKE MATERIJE (POM) U VODI

TERMÉSZETES SZERVES ANYAGOK (TSZA) A VÍZBEN



Nastaju kao rezultat interakcija između hidrološkog ciklusa, biosfere i geosfere.

A hidrológiai ciklus, bioszféra és geoszféra interakciójával jön létre

Problemi prisustva POM u vodi

A természetes szerves anyag tartalom (TSZA) növekedésével járó problémák:

- uticaj na organoleptički kvalitet vode
a viz organoleptikus tulajdonságaira történő hatás
- pogodan supstrat za rast i razvoj mikroorganizama
alkalmas szubsztrát a mikroorganizmusok számára
- tendencija ka vezivanju i transportu organskih i neorganskih kontaminanata (npr. As)
szerves és szervetlen anyagok szállítása iránti affinitás
- povećavaju potrebu za koagulantom u tretmanu vode
koagulánsokkal történő vízkezelés szükségességének növekedése
- formiranje velikog broja dezinfekcionih nusprodukata
nagyszámú fertőtlenítési melléktermék kialakulása



DEZINFEKCIONI NUSPRODUKTI (DBP) Fertőtlenítési melléktermékek (FMT)



- ✓ Identifikovano je preko **600** dezinfekcionih nusprodukata u vodi za piće.
Az ivóvízben azonosított több mint 600 fertőtlenítési melléktermékek.
- ✓ Mali deo dezinfekcionih nusprodukata je regulisan zakonom.
A fertőtlenítési melléktermékek kis hányadát törvény szabályozza.
- ✓ Mnogi od DBP su nepoželjni zbog potencijalne toksičnosti.
- ✓ *Több FMT nem kívánatos mert potenciálisan toxikus.*

Vrsta nastalih DBP zavisi od:

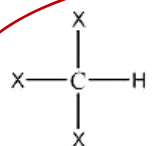
A keletkező fertőtlenítési melléktermékek fajtá függ:

- Vrste primenjenog dezinfekcionog sredstva
- Parametara kvaliteta vode
- Operativnih uslova
- Az alkalmazott fertőtlenítőszer fajtájától
- Víz minőségi paramétereitől
- Munkafeltételektől

✓ primenjenih kako bi se postigla efikasna dezinfekcija i obezbedili zahtevi za postizanjem rezidualnih koncentracija dezinfekcionog sredstva.

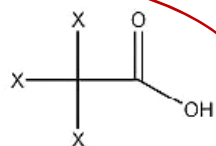
Važne grupe nusprodukata nastalih tokom dezinfekcije

Jelentősebb melléktermék
családok, melyek fertőtlenítés
során kelekteznek



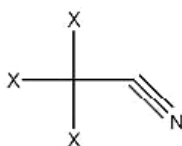
Trihalometani

trihalometánok

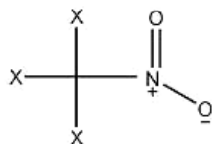


Halosirćetne kiseline

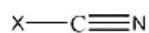
haloecetsavak



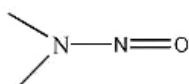
Haloacetonitrili



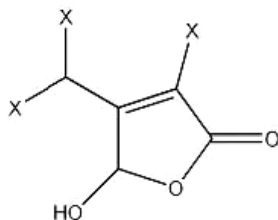
Halonitrometani



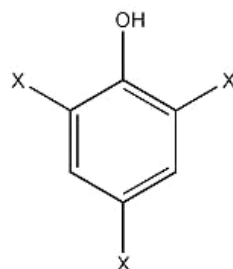
Cijanogen halidi



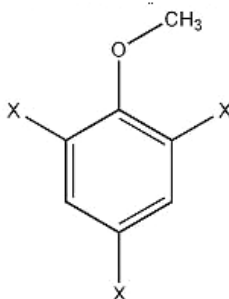
Nitrozodimetilamin



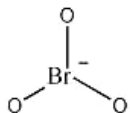
Mutagen X



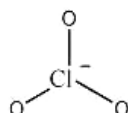
Halofenoli



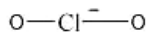
Haloanizol



Bromat



Hlorat

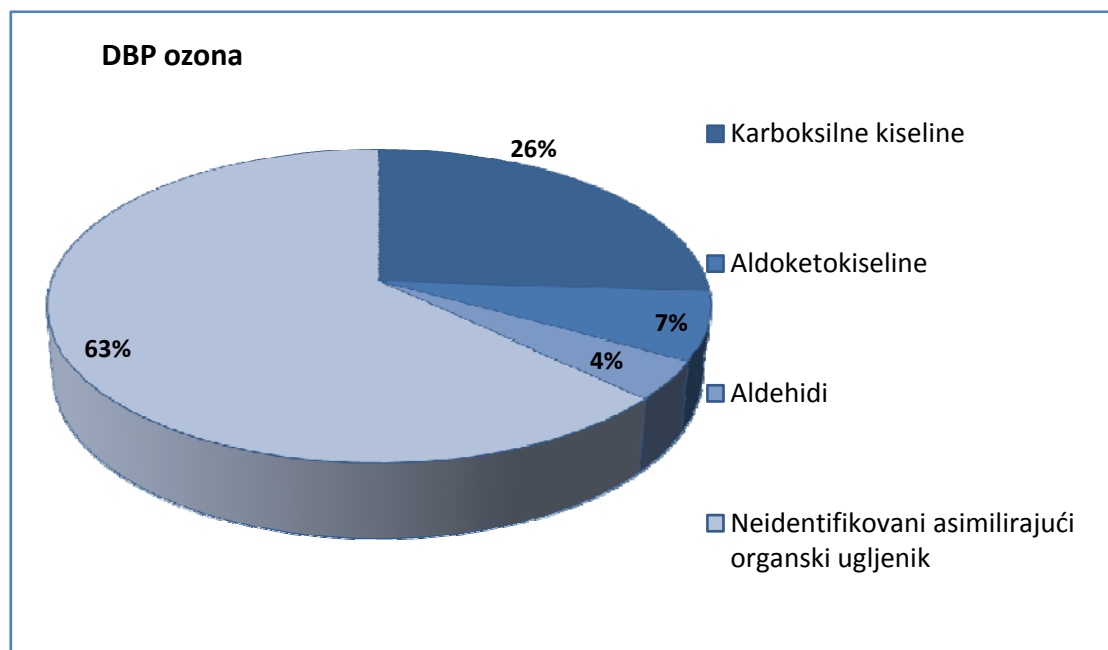
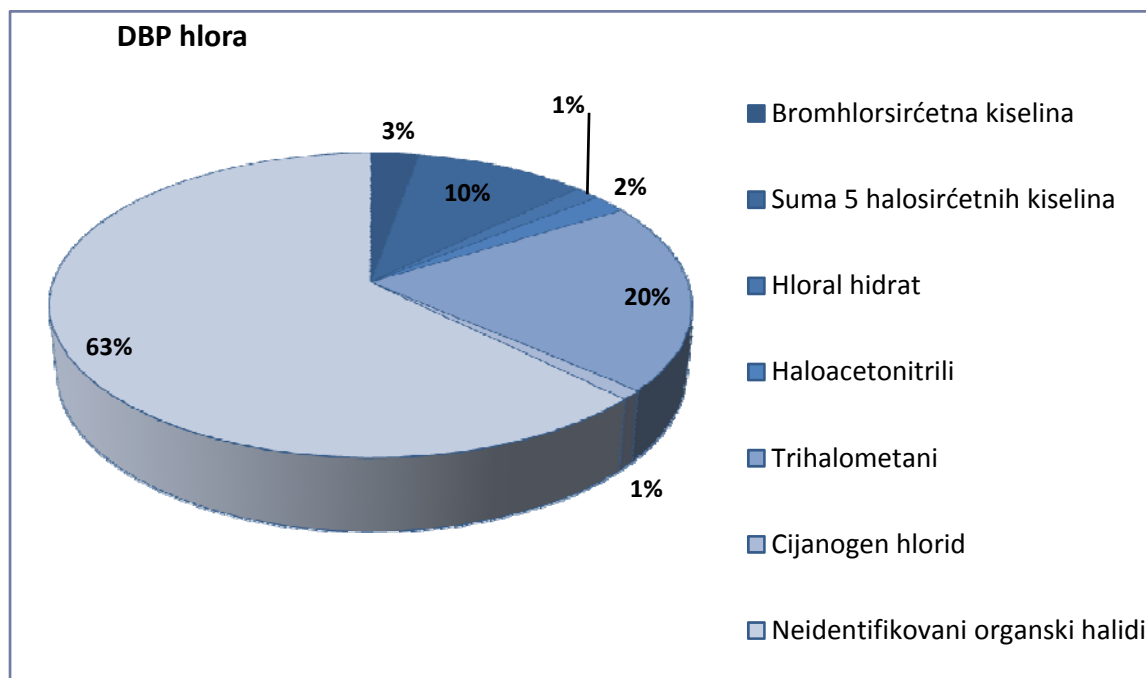


Hlorit

Klasa dezinfekcionih nusproizvoda	Tipični predstavnici	Hlor	Ozon	Hlor-dioksid	Hlor-amin
Trihalometani	Hloroform, bromdihlormetan, dibromhlormetan, bromoform	+ ¹	+ ²		+
Drugi haloalkani		+			
Haloalkeni		+			
Halosirćetne kiseline	Dihlorsirćetna kiselina	+			+
Haloaromatične kiseline	Trihlorsirćetna kiselina	+			
Druge halomonokarboksilne kiseline		+			+
Nezasićene halokarboksilne kiseline		+		+	+
Halodikarboksilne kiseline		+	+	+	
Halotrikarboksilne kiseline		+			
MX i analozi					
Drugi halofuranoni					
Haloketoni					
Haloacetonitril	Hloracetonitril	+	+		
Drugi halonitrili	Hlor-cijan	+			+
Haloaldehidi	Hloral-hidrat	+			+
Haloalkoholi		+			+
Fenoli	2-Hlorfenol	+	+		
Halonitrometani	Hlorpikrin, Brompikrin	+			
Neorganska jedinjenja	Bromat, hipobromit, hlorit, hlorat i dr.		+	+	
Alifatični aldehidi	Formaldehid, acetaldehid, gliksal, metilgliksal	+	+	+	
Drugi aldehidi		+	+	+	
Ketoni (alifatični i aromatični)		+	+	+	
Karboksilne kiseline	Aceton	+	+	+	
Aromatične kiseline	Sirćetna, oksalna		+	+	
Aldo- i keto-kiseline	Benzoeva kiselina	+	+		
Hidroksi-kiseline	Pirogroždana kiselina	+	+	+	
Ostala jedinjenja					+
1	Ako se pored četiri regulisana trihalometana (hloroform, bromdihlormetan, dibromhlormetan, bromoform) uvrste i jodometani, biće ukupno 9 jedinjenja.				
2	Bromoform nastaje ako su prisutni bromidni joni.				

Distribucija DBP koji se formiraju hlorisanjem vode

A vizek klórozásával kialakuló FMT-ek eloszlása



Distribucija DBP koji se formiraju ozoniranjem vode

A víz ózonozásával kialakuló FMT-ek eloszlása

TOKSIKOLOŠKI I ZDRAVSTVENI ASPEKTI DBP

A FMT TOXIKOLÓGIAI ÉS EGÉSZSÉGÜGYI ASPEKTUSAI

Poređenje vrednosti za maksimalno dozvoljene koncentracije DBP ($\mu\text{g/L}$) prema različitim regulativama

Klasa DBP FMT osztályok	Tipični predstavnici Jellemző képviselők	Regulative (regulative) ($\mu\text{g/L}$)					
		Kanada Kanada (2007)	USEPA (2006)	Smernice Irányelvek WHO (2011)	Aus-NZ Aus-NZ (2004)	UK UK (2000)	Pravilnik Szabályzat SRJ (1998)
Trihalometani <i>Trihalometánok</i>	Hloroform Bromdihlormetan Bromoform Dibromhlormetan	16		300 60 100 100			40 15
Ukupni THM		100	80		250	100	100
Halosirćetne kiseline <i>Haloecetsavak</i>	Dihlorsirćetna kiselina Trihlorsirćetna kiselina Monohlorsirćetna kiselina			50 100	100 100 150		50 100
HAA5 ¹			60				
Haloacetonitrili <i>Haloacetonitrili</i>	Dibromacetonitril Dihloracetonitril Trihloracetonitril			70 20			90 100 1
Aldehidi (aldehidek)	Formaldehid			900	500		900
Hloral hidrat (klorál hidrát)				10	20		10
Bromat (bromát)		10	10	10	20	10	10
Hlorit (klorit)			1000	700	300		200
Hlorat (klorát)				700			

1 - HAA5 predstavlja sumu 5 halosirćetnih kiseline: monohlorsirćetne kiseline, dihlorsirćetne kiseline, trihlorsirćetne kiseline, monobromsirćetne kiseline i dibromsirćetne kiseline.

Dostupne toksikološke informacije o pojedinim o DBP

Dostupne toksikološke informacije o pojedinim o DBP

Klasa DBP FMT osztályok	Tipični predstavnici Jellemző képviselők	Dezinfektanti ¹ Dezinfektanti ¹	Klasa ² Osztályok ²	Neželjeni efekti Nem kívánatos hatás
Trihalometani	Hloroform	Hlor	B2	Kancer, efekti na jetru, bubrege i reproduktivni sistem
	Bromdihlormetan	Hlor	B2	Kancer, efekti na jetru, bubrege i reproduktivni sistem
	Bromoform	Hlor, ozon	B2	Kancer, efekti na nervi sistem, jetru i bubrege
	Dibromhlormetan	Hlor	C	Efekti na nerni sistem, jetru, bubrege i reproduktivni sistem
Halosirćetne kiseline	Dihlorsirćetna kiselina	Hlor	B2	Kancer, efekti na reproduktivni sistem i razvoj
	Trihlorsirćetna kiselina	Hlor	C	Kancer, malaksalost, efekti na jetru i razvoj
Haloacetonitrili	Trihloracetonitril	Hlor	C	Kancer i mutageni efekti
Aldehidi	Formaldehid	Ozon, hlor	B1	Mutageni efekti ³
Halofenoli	2-Hlorfenol	Hlor	D	Kancer, promoter nastanka tumora
Nitrozamini	N-nitrozodimetil amin	Hloramin	B2	
Neorganski DBP	Bromat	Ozon	B2	Kancer
	Hlorit	Hlor dioksid	D	Efekti na razvoj i reproduktivni sistem

1 - Primarni dezinfektanti koji vode nastanku DBP; ovi DBP se takođe mogu formirati i primenom nekih drugih alternativnih dezinfektanata;

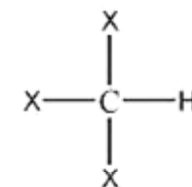
2 – Grupa A: humani kancerogen (ako ima dovoljno dokaza o epidemiološkim studijama o povezanosti izloženosti i pojave tumora);
 Grupa B: verovatni humani kancerogeni (ograničeni dokazi u epidemiološkim studijama (Grupa B1) i/ili dovoljno dokaza iz studija izvedenih na laboratorijskim životinjama (Grupa B2));
 Grupa C: mogući humani kancerogen (ograničeni dokazi iz studija na laboratorijskim životinjama i neadekvatni ili nepostojeći podaci o zdravstvenom efektu na ljude);
 Grupa D: ne može se klasifikovati (neadekvatni ili nepostojeći toksikološki i epidemiološki podaci).

3 – Zasnovano na modelu izloženosti udisanjem

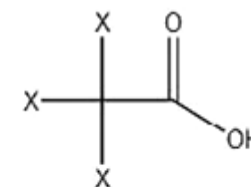
HEMIJA I TOKSIKOLOGIJA DBP HEMIJA I TOKSIKOLOGIJA DBP

Trihalometani (THM) i halosirćetne kiseline (HAA) Trihalometánok (THM) és haloecetsavak (HAA)

- Dve najzastupljenije i najviše ispitane grupe DBP.
- A két legtöbbet kutatott FMA csoport



Trihalometani



Halosirćetne kiseline

✓ Trihalometani (THM) *trihalometánok*

- Hloroform i bromdihlormetan prema IARC spadaju u 2B grupu - moguće kancerogeni za ljude.
- Indukuju citotoksičnost u jetri i bubrezima glodara, slaba reproduktivna i razvojna toksičnost.

✓ Halosirćetne kiseline (HAA) *Haloecetsavak*

- Izazivaju kancerogene, reproduktivne i razvojne defekte.
- Dihlorsirćetna kiselina (IARC, 2B) ima neurotoksične efekte, uzrokuje srčane malformacije i kancerogene efekte na jetri pri visokim dozama.

Visoko prioritetni DBP (*emerging DBP, EDBP*) Kiemelt prioritású FMT (*emerging DBP, EDBP*)

- **Mogućnost ispoljavanja štetnih efekata po ljudsko zdravlje.**
- **Az egészségre kifejtett esetleges káros hatás**
- **U grupu EDBP se ubrajaju (az EDBP csoportba sorolható):**
 - **Haloacetonitrili (haloacetonitrilek),**
 - **Halonitrometani (halonitrometánok),**
 - **jodovani trihalometani (jódozott trihalometánok),**
 - **halo ketoni (halo ketonok)**
 - **haloamini (haloaminok) és**
 - **analózi 3-klor-4-(dihlormetil)-5-hidroksil-2(5H)-furanona (3-klor-4-(diklormetil)-5-hidroksil-2(5H)-furanon analógok).**
- **Terminom „dezinfekcioni nusproizvodi u razvoju“ definisani svi DBP koji nisu regulisani pravilnicima EU ili USA.**
- **U vodi za piće detektovani u koncentracijama < μg/l.**

**Pregled
„dezinfekcionih
nusprodukata u
razvoju“
odabranih za
prioritizaciju***

**„Új fertőtlenítési
melléktermékek “
áttekintése a
kiválasztott
prioritások
szerint***

<i>Neregulisane halokiseline</i> Bromhlorsirćetna kiselina Bromdihlorsirćetna kiselina		Dibromhlorsirćetna kiselina Tribromsirćetna kiselina	<i>Neregulisani halometani</i> Dihlormetan Dibrommetan	Bromhlormetan Tetrahlormetan Dibromdihlormetan
<i>Haloamidi</i> Hloracetamid Bromacetamid Jodacetamid Dihloracetamid Bromhloracetamid Dibromacetamid		Bromjodacetamid Trihloracetamid Bromdihloracetamid Dijodacetamid Hlorjodacetamid Tribromacetamid	<i>Haloacetonitrili</i> Hloracetonitril Bromacetonitril Dihloracetonitril Bromhloracetonitril Trihloracetonitril	Bromdihloracetonitril Dibromhloracetonitril Jodacetonitril Tribromacetonitril Dibromacetonitril
<i>Jodovane kiseline</i> Jodsirćetna kiselina Bromjodsirćetna kiselina 2-jod-3-metilbutendionska kiselina		(Z)-3-brom-3-jodpropenska kiselina (E)-3-brom-3-jodpropenska kiselina	<i>Jodovani trihalometani</i> Dihlorjodmetan Bromhlorjodmetan Bromdijodmetan	Dibromjodmetan Hlorodijodmetan Jodoform
<i>Nitrozamini</i> N-nitrozodimetilamin N-nitrozopirolidin N-nitrozomorfolin N-nitrozopiperidin		N-nitrozodifenilamin N-nitrozometiletilamin N-nitrozodietilamin N-nitrozo-di-n-butilamin	<i>MX i halofuranoni</i>	
<i>Aldehidi</i> Formaldehid Acetaldehid Hloracetaldehid Dihloracetaldehid		Trihloracetaldehid (hloralhidrat) Bromhloracetaldehid Tribromacetaldehid	<i>Hlorovani fenoli</i> 2-hlorfenol 2,4-dihlorfenol 2,4,6-trihlorfenol 2,3,4,6-tetrahlorfenol	2,4,5-trihlorfenol Hlorfenol Pentahlorfenol 4-hlorfenol 2,6-dihlorfenol
<i>Haloketoni</i> Hlorpropanon Heksahlorpropanon 1,3-dihlorpropanon 1,1-dibrompropanon 1,1,3-trihlorpropanon		1,1,1,3-tetrahlorpropanon 1,1,3,3-tetrahlorpropanon 1,1,3,3-tetrabrompropanon 1,1,1,3,3-pentahlorpropanon 1-brom-1,1-dihlorpropanon	<i>Haloanizoli</i> 2,4,6-trihloranizol 2,4,6-tribromanizol 2,4-dibromanizol	2,4-dihloranizol 2,6-dihloranizol 2-bromanizol 4-bromanizol
<i>Halonitrometani</i> Hlornitrometan Bromnitrometan Dihlornitrometan Dibromnitrometan		Bromhlornitrometan Trihlornitrometan Dibromhlornitrometan Tribromnitrometan	<i>Halopiroli</i> 2,3,5-tribrompirol	<i>4 druge klase DBP u razvoju</i> Heksahlorciklopentadien Tetrahlorciklopentadien Hloralhidrazin Cianogenhlorid

* Hebert et al. (2010), *Water Research* 44, 3147-3165.

Azotni dezinfekcioni nusprodukti (N-DBP) Nitrogént taratlmazó (N-FMT)

- Ubrajaju se u grupu *EDBP*.
- *EDBP* csoportba sorolhatók.
- Utvrđena je visoka genotoksičnost i citotoksičnost za N-DBP.
- Kifejezett genotoxicitás és citotoxicitás.
- Pojava N-DBP izraženija u vodama čija su izvorišta podložna uticaju otpadnih voda i algi.
- Primena hloraminacije umesto hlorisanja vode rezultuje većim stepenom formiranja N-DBP.
- A víz klóraminálása során több N-FMT alakul, mint klórozás során.

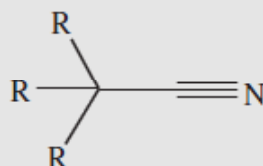


Mađarska-Srbija
IPA prekogranični program

Strukture odabranih predstavnika N-DBP

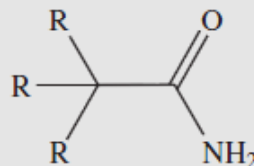
Néhány N-MFT szerkezete

Haloacetonitrili (HAN)
Haloacetonitrilek (HAN)
 R_3CCN



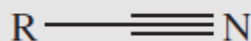
Dihloroacetonitril (DCAN), bromhloroacetonitril (BCAN), dibromoacetonitril (DBAC), trihloroacetonitril (TCAN) i tribromoacetonitril (TBAN)

Haloacetamidi (HAcAms)
Haloacetamidek (HAcAms)
 R_3CCONH_2



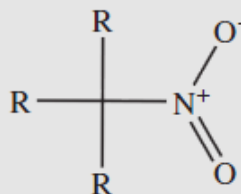
Dihloroacetamid (DCAcAm)
Dibromoacetamid (DBAcAm)
Trihloroacetamid (TCAcAm)

Cijanogen halidi (CNX)
Cijanogén halidek (CNX)
 RCN



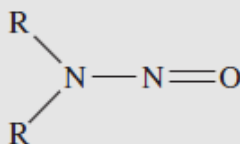
Cijanogen hlorid (CNCl)
Cijanogen bromid (CNBr)

Halonitrometani (HNM)
Halonitrometánok (HNM)
 R_3CNO_2



Trihloronitrometan (hlorpikrin)
Tribromnitrometan (brompikrin)
Bromdihloronitrometan
Dibromhloronitrometan

Nitrozoamini
Nitrozoaminok
 R_3NNO



N-nitrozodimetilamin (NDMA), N-nitrozopirolidin (NPYR), N-nitrozomorfolin (NMOR), N-nitrozodietilamin (NDEA)

R=Cl, Br, I, alkil grupa, kao i veća alifatična ili aromatična funkcionalna grupa

Formiranje N-DBP N-FMT kalakulása

- Konstituenti DON (rastvoreni organski azot), široko su rasprostranjeni u prirodnim vodama – osnovni prekursori N-DBP.
- Konstituenti DON (rastvoreni organski azot), široko su rasprostranjeni u prirodnim vodama – osnovni prekursori N-DBP.
- Prisustvo aminokiselina u vodi povećava potrebu za hlorom – formiranje N-DBP.
- Prisustvo aminokiselina u vodi povećava potrebu za hlorom – formiranje N-DBP.
- HAN podležu hidrolizi u distribucionom sistemu do prekursora THM i HAA.
- HAN podležu hidrolizi u distribucionom sistemu do prekursora THM i HAA.

Haloacetonitili (HAN) halonitrometani (HNM)

Haloacetonitilek (HAN) és halonitrometánok (HNM)

- Relativno su toksični i veruje se da značajno doprinose opštem riziku po zdravlje koji je vezan za konzumiranje hlorisane vode.

✓ Haloacetonitrili (HAN) *haloacetonitrilek*

- Ispoljili genotoksičnost i mutagenost u različitim in vitro bioanalizama.
- Teratogenost HAN raste sa porastom supstituisanih halogena.
- Mnogo jači citotoksični i genotoksični agensi u poređenju sa THM i HAA.

✓ Halonitrometani (HNM) *halonitrometanok*

- Ispoljena citotoksičnosti i genotoksičnosti kod sisara.
- Toksičnost HNM raste sa porastom supstituisanih atoma broma.

Cijanogen halidi

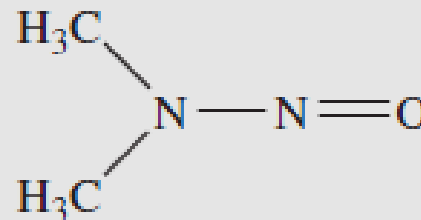
Cianogén halidok

- Transformacije metaboličkim procesima u toksične produkte, pri čemu dolazi do brze konverzije u cijanide.
- Lehetséges metabolikus átalakulás mértékű termékekké, melyek cianiddá alakulhatnak át.
- **Akutna toksičnost :**
 - blokada respiratornog sistema,
 - narušavanje ćelijskog energetskeg metabolizma i
 - oštećenje centralnog nervnog sistema.
- **Dugoročna ekspozicija** utiče na tiroidni sistem.

Nitrozoamini

Nitrozoaminok

- N-nitrozodimetilamin (NDMA) prvi detektovani nitrozoamin.
- N-nitrozodimetilamin (NDMA) elsőként detektált nitrozoamin.
- Verovatni humani kancerogen.
- Valószínűsíthetően humán karcinogén.
- Nastaje u reakciji dimetilamina sa drugim sekundarnim aminima.
- Dimetilamin reakcijom sa drugim sekundarnim aminima.
- Azot iz monohloramina ugrađuje u nitrozo grupu NDMA.

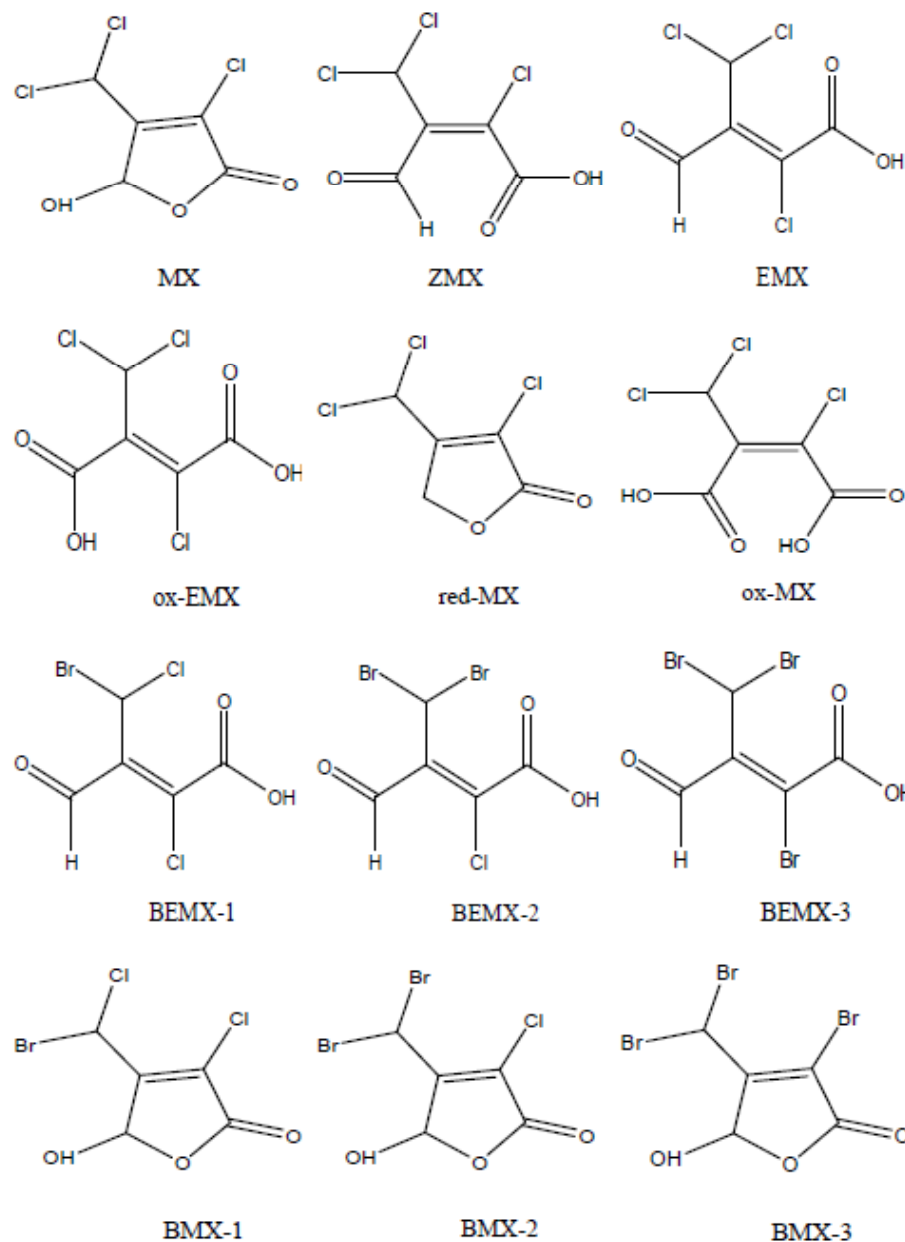


Halofuranoni –analози 3-hlor-4-(dihlormetil)-5-hidroksi-2(5H)-furanona

Halofuranonok

Pri pH vrednosti vode za piće MX se nalazi u otvorenoj formi okso-butenske kiseline (ZMX).

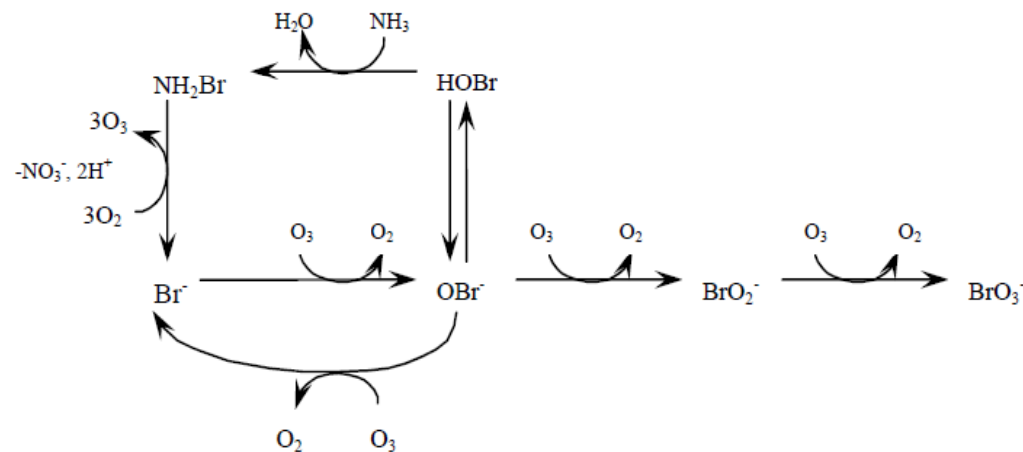
Az ívóvíz pH értékén MX nyitott oxo-butén sav formában van jelen (ZMX).



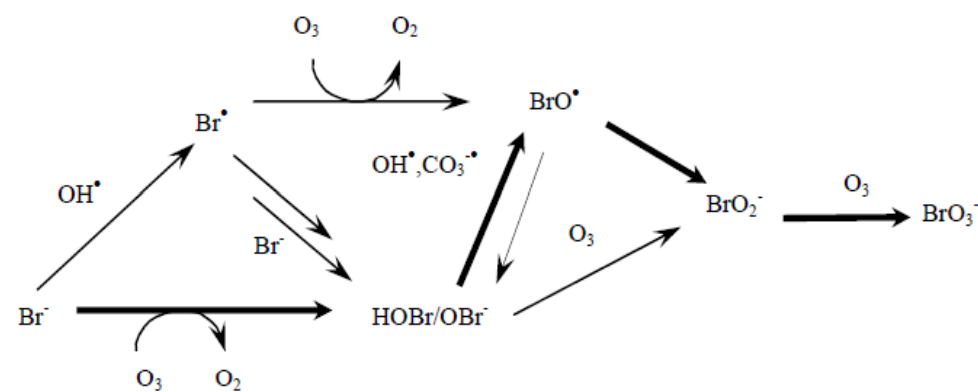
Neorganski DBP – bromat

Szervetlen DBP – bromát

- Formira se prilikom dezinfekcije voda koje sadrže bromid.
- Bromidot tartalmazó víz fertőtlenítésekor jelentkezik.
- Potencijalni humani kancerogen.
- Potenciális emberi kancerogén.
- Kontrolne mere, u cilju snižavanja sadržaja bromata na $<10 \mu\text{g/l}$.



a)

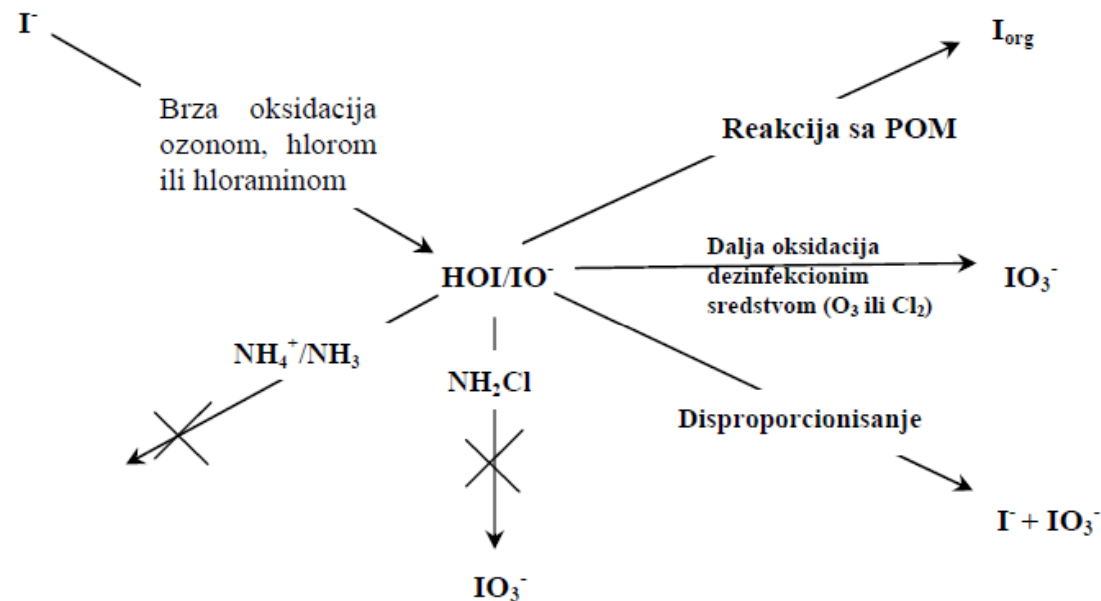


b)

Jodovani DBP

Jódozott DBP

- Verovatnoća nastajanja jodovanih organskih jedinjenja tokom dezinfekcije vode za piće raste u redosledu ozon < hlor < hloramin.
- Jódozott szerves anyagok kialakulásának valószínűsége az ivóvíz dezinfikálási folyamatok során a következő képpen növekszik ózon < klór < klóramin.
- Hloraminisanje povećava formiranje jodo-THM, dok je predhlorisanjem favorizovano formiranje bromo-hloro-THM.





JODOVANA ORGANSKA JEDINJENJA TOKSIČNIJA U ODNOSU NA

ZDRAVSTVENI ASPEKTI

Egészségügyi aspektusok

JODÁT JE, ZA RAZLIKU OD JODOVANIH ORGANSKIH JEDINJENJA, POŽELJAN REZERVOAR JODA U VODI ZA PIĆE I SMATRA SE NETOKSIČNIM ZBOG TOGA ŠTO SE BRZO METABOLIŠE DO JODIDA.

A JODÁT, A TÖBBI JÓDOZOTT VEGYÜLETTEL ELLENTÉTBEN, A JÓD FONTOS REZERVOÁRJA AZ IVÓVÍZBEN, ÉS NEM MERGEZŐ MERT GYOPRSAN JODIDDÁ METABOLIZÁLÓDIK.

HLORIT I HLORAT – NUSPRODUKTI DEZINFEKCIJE HLOR-DIOKSIDOM. POSTOJI SUMNJA DA IZAZIVAJU HOMOLITIČKU ANEMIJU I DRUGE ZDRAVSTVENE EFEKTE.

KLORITOK ÉS KLORÁTOK – KLÓR-DIOXIDDAL TÖRTÉNŐ FERTŐTLENÍTÉS MELLÉKTERMÉKEI. FELTÉTELEZHETŐEN HOMOLITIKUS ANÉMIÁT ÉS EGYÉBB EGÉSZSÉGÜGYI PROBLÉMÁKAT OKOZNAK.

Kako pratiti tako veliki broj DBP u vodi za piće?

Hogyan lehet nyomon követni ilyen nagyszámú FMT-t az ivóvízben?

DBP FMT	Priprema uzoraka Mintaelőkészítés	Instrumentalna tehnika Műszeres technika
THM	LLE; Purge&Trap; Headspace	GC/ECD GC/MS
HAA	LLE/derivatizacija	GC/ECD
HAN	LLE	GC/ECD GC/MS
HNM	LLE	GC/ECD GC/MS
Nitrozoamini	LEE	GC/MS
	SPE	GC/MS/MS
	SPME	LC/MS/MS
MX	LLE/derivatizacija SPE/derivatizacija	GC/MS
Bromat, hlorat, jodat	-	IC

Umesto zaključka . . . Következtetés helyett . . .

- Najčešće primenjivana dezinfekciona sredstva vode formiraju niza neželjenih produkata, od kojih su mnogi potencijalno toksični.
- Neophodnost sprovođenja intenzivnih, kako toksikoloških, tako i **tehnoloških istraživanja na polju pripreme vode za piće**, kojima bi se minimiziralo formiranje dezinfekcionih nusprodukata.

- A leggyakrabban alkalmazott fertőtlenítő szerek a nemkívánatos melléktermékek sokaságának jelenlétét idézik elő, melyek közül több feltételezhetően toxikus.
- A toxikológiai és ivóvízkezelési technológiákkal kapcsolatos kutatások, melyekkel lecsökkenthető a fertőtlenítő melléktermékek kialakulása.

Hvala na pažnji!
Köszönöm a figyelmet!

*Dobri susedi
zajedno stvaraju
budućnost*

