

# DESINFITSEERIMISMEETODITE VÕRDLU

## Analoogsete desinfitseerimismeetodite võrdlus

Tänapäeval kasutatakse mitmesuguseid vee desinfitseerimise ja puhastamise meetodeid, mida võib jagada kahte kategooriasse: tehnilised (puhastusseadmed ja -filtrid) ja keemilised (oksüdeerijad ja desinfektandid).

Viimase saja aasta vältel on üheks tõhusamaks ja enimkasutatavamaks vee desinfitseerimise vahendiks olnud tavaline kloor, eelkõige selle madala hinna tõttu. Gaasilises olekus kloor on äärmiselt toksiline aine, üks kloori saadusi, klooramiin, põhjustab aga juba väikeses koguses kasutatuna tõsiseid kopsu- ja hingamisteede ning limaskestade haigusi.

Kloori kasutamisel vee desinfitseerimisvahendina tekivad sellised kõrvalproduktid nagu heterotsükliilised aromaatsed amiinid, kloroform ja trihalometaanid, mis kuuluvad kantserogeensete ja mutageensete ainete hulka. Peale selle sõltub kloori kasutamise efektiivsus väga tugevasti keskkonna happesusest: kui pH on üle 7,5, siis on kloori mõju praktiliselt olematu. Pärast seda, kui avastati kloori reageerimise tulemusel moodustuvad toksilised orgaanilised ained, hakkasid paljude riikide teadlased otsima alternatiivseid võimalusi saastunud vee puhastamiseks. Allpool toodud tabelis on loetletud peamised tänapäeval kasutatavad vee puhastamise meetodid, millel on nii positiivseid kui negatiivseid külgi.

Tabelis esitatud andmete põhjal on kõige tõhusam desinfitseerimisvahend kloordioksiidil põhinev Dutrion. Paljud spetsialistid ja teadlased on arvamusel, et järgmise kahekümne aasta jooksul hõivab kloordioksiid kloori koha ning saab sama oluliseks desinfektandiks ja oksüdeerijaks, nagu seda oli kloor viimase saja aasta jooksul.

Dutrioni preparaadid on suure tõhususega desinfitseerimisvahendid, mida kasutatakse vee filtreerimisjärgseks puhastamiseks. Kloor ja osoon asuvad kohe pärast vette sattumist vees leiduvate orgaaniliste ja mitteorgaaniliste ainete oksüdatsioonireaktsioone tekitama ja alles pärast seda hakkavad täitma desinfitseerimisülesannet. Dutrioni toimemehhanism on veidi teistsugune: preparaadi näol on tegemist selektiivse oksüdeerijaga, mis hävitab algul kõik patogeensed mikroorganismid ning desinfitseerib seetõttu vee palju kiiremini kui analoogsed preparaadid. Tänu valikulisele töömehhanismile on vee tõhusaks ja kvaliteetseks desinfitseerimiseks vaja tunduvalt väiksema kontsentratsiooniga kloordioksiidi preparaati kui kloorimise või osoonimise korral. Dutrioni preparaadi kasutamine tagab kauakestva järeloime (kuni 72 tundi), mis võimaldab desinfitseerida kogu liini otsast lõpuni. Analoogsed preparaadid, näiteks kloor, ei anna nii pikka järeloimet, mistõttu on nendega võimalik puhastada 20–30% liinist. Osooni ja UV-kiirguse kasutamisel ei ole aga üldse mingit järeloimet. Peale selle ei toimu Dutrioni puhul hüdrolüüsireaktsioone, mille kõrvalproduktideks on toksilised ained, näiteks aldehüüdid, ketoonid ja THM.

Dutrioni eeliseks võib pidada ka seda, et selle kasutuselevõtt ei nõua suuri alginvesteeringuid ja spetsiaalseid vahendeid, piisab vaid tavalisest doseerimispumbast. Osoonimise või UV-kiirguse korral on nõutav keerukate seadmete kasutamine, mis paisutab nii energia- kui finantskulusid, ning regulaarne tehniline hooldus.

Arvukate desinfitseerivate ainete seas on vaid Dutrion kloordioksiid võimeline siduma viit elektroni, samas kui kloor, osoon, vesinikperoksiid, jood, äädikhape jm seovad kaks elektroni.

## Oksüdantide ja desinfektsioonivahendite võrdlus

Nr	Oksüdandi nimetus	Valem	ORP, volti	Oksüdatsioonimaht
1	Vabad hüdroksüülradikaalid	(OH) <sup>-</sup>	2,80	2 elektroni
2	Osoon	O <sub>3</sub>	2,07	2 elektroni
3	Äädikhape	CH <sub>3</sub> CO <sub>3</sub> H	1,88	2 elektroni
4	Vesinikperoksiid	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1,76	2 elektroni
5	Permanganaatioon	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1,68	2 elektroni
6	Hüpokloorishape	HClO	1,49	2 elektroni
7	Kloor	Cl <sub>2</sub>	1,36	2 elektroni
8	Hüprobroomishape	HOBr	1,33	2 elektroni
9	Broom	Br <sub>2</sub>	1,07	2 elektroni
10	Hüpojoodishape	HOI	0,99	2 elektroni
11	<b>Kloordioksiid</b>	<b>ClO<sub>2</sub></b>	<b>0,95</b>	<b>5 elektroni</b>
12	Jood	I <sub>2</sub>	0,54	2 elektroni
13	Hapnik	O <sub>2</sub>	0,40	2 elektroni

### Oksüdatsiooni-reproduktiooni potentsiaal (ORP):

- mida suurem on ORP, seda suurem on aine korrosioonivõime (korrosiooniaktiivsus).

### Oksüdatsioonivõime:

- mida rohkem elektrone suudab aine siduda, seda paremad desinfitseerimisomadused sellel ainel on;
- kloordioksiidil (ClO<sub>2</sub>) on viis elektroni, ülejäänud ainetel aga kaks, mis tähendab seda, et kloordioksiidi desinfitseerimisomadused on 2,5 korda paremad kui tabelis esitatud muudel desinfektsioonivahenditel.

### Järeldused:

- kui vajate maksimaalset korrosioonivõimet, tuleb kasutada kõige suurema oksüdatsiooni-reproduktiooni potentsiaaliga (ORP) ainet;
- kui korrosiooniaktiivsus peab olema minimaalne, siis tuleb kasutada väiksema oksüdatsiooni-reproduktiooni potentsiaaliga (ORP) aineid;
- kui tuleb leida kompromiss **minimaalse korrosiooniaktiivsuse ja maksimaalsete desinfitseerimisomaduste vahel**, siis tuleb kasutada kloordioksiidi ClO<sub>2</sub>;
- osoonil (O<sub>3</sub>) on väga head oksüdeerivad omadused bakterite hävitamiseks, kuid selle bakteritsiidne ja bakteriostaatiline toime ei kesta kaua ning vesi ja süsteemid võivad uuesti mikrobioloogiliselt saastuda; lisaks ei võimalda oosoni suur korrosiooniaktiivsus seda joogivee töötlemisel kuigi sageli kasutada.

### Miks ei ole võrdluses ultraviolettkiirgust?

- Ultraviolettkiirgus ei ole keemiline desinfektant, eespool toodud tabelis käsitletakse vaid reagente.
- Ultraviolettkiirgusel puudub järeltoime, seepärast tuleb pärast UV-kiirguse kasutamist vett täiendavalt töödelda, et vältida kahjuliku mikrofloora ja biokile teket.
- UV-sterilisaatorite desinfitseeriv toime väheneb vastavalt sellele, kuidas töödeldava vee hägusus suuremaks muutub.
- Tavaliselt kasutatakse ultraviolettkiirgust veepuhastussüsteemi väljalaskeosas, seepärast ei ole tagatud kogu jaotusvõrgu töötlemine ning väljalaskeosale eelnevates osades võivad tekkida kahjulik mikrofloora ja mikroorganismide elutegevuse jääkproduktid.

### Monoklooramiinid kui joogivee desinfektsioonivahendid


- Selle desinfektandi valmistamiseks kasutatakse kloori ja ammoniaaki, mis paistavad jaotusvõrkudes silma väga heade järeldesinfitseerimise omaduste poolest.
- Monoklooramiinide kasutamisel tekib vette vähem toksilisi ja kantserogeenseid aineid, trihalometaane ja klorofenoole kui kloori kasutamisel, kuid näiteks kloordioksiidi puhul ei teki neid vette üldse.
- Monoklooramiinid ei hävita baktereid sama tõhusalt kui osoon, kloor või kloordioksiid, seepärast on sama tõhusa tulemuse saavutamiseks vaja kokkupuuteaega pikendada.
- On täheldatud intensiivset vee nitrifikatsiooni (nn Blue Baby sündroom); kloordioksiid aga ei tekita vette nitraate.
- Tuleb teha mitmeid analüüse, et selgitada välja joogivee töötlemise ratsionaalsus.

### Osoon joogivees

- Tapab bakterid kiiresti sisestuspunktis, ei vaja reagentide lisamist, et tagada järeltoime (osooni eluiga vees on 10–40 minutit).
- Osooni sisestuspunktist eemal võivad ikkagi tekkida biokile ja kasvada bakterid.
- Hävitab bakterid, nagu kloordioksiidki.
- On metallide suhtes suure korrosiooniaktiivsusega.
- Suure oksüdatsiooni-reproduktiooni potentsiaali (ORP) tõttu muundab bromiidid bromaatideks, mis on tugevad kantserogeenid.



## Kemikaalide ja nende laguproduktide tabel.

Kemikaal	Laguproduktid
Chlorine Cl <sub>2</sub> / hypochlorite HOCL	Trihalomethanes Haloacetic acids Haloacetonitriles Haloketones Chloralhydrate (trichloroacetaldehyde) Chloropicrin (trichloronitrimethane) Cyanogens chloride Chlorate Chloramines Chlorophenols, N-chloramines, Halofuranones, Bromohydrins Aldehydes, Alkanic acids, Benzene, Carboxylic acids, X-mutagens
Chloramines (NH <sub>2</sub> Cl etc)	haloacetonnitrils, cyano chlorine, organic chloramines, chloramino acids, chlorohydrates, haloketons, nitrite, nitrate, chlorate, hydrazine, aldehydes, ketones
Ozone/bromine	Bromate Aldehydes Ketones Ketoacids Carboxylic acids Bromoform Brominated acetic acids
Bromine/hypochlorite Bromo-chlorodimethylhydantoin	Trihalomethanes, mainly bromoform Bromal hydrate Bromate Bromamines Dimethylhydantoin bromoform, monobromine acetic acid, dibromine acetone, cyano bromine, chlorate, iodate, hydrogen peroxide, hypobromic acid, epoxy, ozonates, aldehydes, ketones, ketoacids, carboxylic acids
Chlorine dioxide ClO <sub>2</sub> classic	Chlorite Chlorate
 DUTRION lahus ClO <sub>2</sub> joogivees	On puudu

- ClO<sub>2</sub> on eriti efektiivne Cryptosporidiumi ja Giardia vastu ja on kuni 32 korda efektiivsem kui hüpokloorhapet.

Dutrion (klooridioksiid)	UV-kiirgus	Tavaline kloorimine (naatriumhüpokloriid, vedel kloor jt)	Osoonimine
<b>Desinfitseeriv ja kahjutustav toime</b>			
Tugev desinfektant (tõhus bakterite, viiruste, seente ja eoste vastu)	Desinfitseerimisaktiivsus sõltub vee hägususest ja karedusest (setete tekkimisest lambi pinnale), orgaanilise saaste sadestumisest lambi pinnale ning võngetest elektrivõrgus, mis mõjutavad lainepikkuse muutumist	Desinfektant	Väga tugev desinfektant
Tõhus viiruste vastu	Puudub võimalus vee desinfitseerimise tõhususe operatiivseks kontrolliks	Vähetõhus viiruste vastu	Tõhus viiruste vastu
Väga tõhus <i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> 'i ja muude patogeense mikrofloora vastu	Tõhus tsüstide vastu ( <i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> )	Vähetõhus <i>Giardia</i> ja mittetõhus <i>Cryptosporidium</i> 'i vastu	Kõige tõhusam <i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> 'i ja muude patogeense mikrofloora vastu
Kauakestva desinfitseeriva järeoltoimega (kuni 72 tundi)	Ei taga desinfitseerivat järeoltoimet	Desinfitseeriva järeoltoimega (24 tundi)	Ei taga desinfitseerivat järeoltoimet
Tungib sügavale biokillesse, lõhustab selle ja eemaldab torudest ning hoiab ära edasise tekkimise	Biokile tekkimine intensiivistub ultraviolettlampide väljalülitamisel või kiirguse madalal doosil	Ei ole tõhus vahend biokile eemaldamiseks	Ei ole tõhus vahend biokile eemaldamiseks
Nõutav reagenti doos on väiksem kui teistel desinfektantidel (0,05–0,5 mg/l)		Suur desinfitseerimiskoos 1–2 mg/l	Osooni doosid on sõltuvalt töödeldava vee koostisest 0,5–5 mg/l
<b>Oksüdeeriv toime</b>			
Tugev oksüdeerija		Oksüdeerija	Väga tugev oksüdeerija

Oksüdeerib kiiresti kolmevalentset rauda ja mangaani		Oksüdeerib aeglaselt mangaani ja rauda	
Oksüdeerib hästi vesiniksulfiidi, fenooli, merkaptaane, tsüaniide, pestitsiide jt		Ei oksüdeeri või oksüdeerib halvasti vesiniksulfiidi, fenooli, merkaptaane, tsüaniide, pestitsiide jt	
<b>Reaktsiooni (ohtlikud) kõrvalproduktid</b>			
Ei moodusta kloori sisaldavaid trihalometaane	Ei moodusta kloori sisaldavaid trihalometaane	Moodustab desinfitseerimisprotsessi kõrvalprodukte – trihalometaane (THM)	Ei moodusta kloori sisaldavaid trihalometaane
Klooridioksiid ei oksüdeeri bromiidi, seega ei teki selle kasutamisel hüpobroomhapet, hüpobromiidi või bromadi iooni	Ei moodusta kõrvalprodukte	Moodustab bromaate ja broomorgaanilisi kõrvalprodukte bromiidide olemasolul	Moodustab kõrvalprodukte, sh: aldehüüde, ketoone, orgaanilisi happeid, broomi sisaldavaid trihalometaane (k.a bromoformi), bromaate (bromiidide olemasolul), peroksiide, broomäädikhapet
Ei reageeri ammoniaagiga		Reageerib ammoniaagiga ning moodustab klooramiine	Keeruliste organiliste ühenditega reageerides lagundab osoon need osakesteks, mis on veejaotussüsteemides <b>toitaineterikkaks</b> keskkonnaks mikroorganismide arengule
<b>Vee organoleptilised omadused</b>			
Tõhus ebameeldivate lõhnade ja maitsete eemaldamisel, ei mõjuta vee organoleptilisi omadusi	Ei mõjuta kõrvalmaitseid ja - lõhnu	Eemaldab ebameeldivad kõrvalmaitseid ja lõhnad, kuid võib ise anda veele terava ebameeldiva maitse ja lõhna	Eemaldab kõrvalmaitseid ja - lõhnad
<b>Erinevate tegurite mõju</b>			

Väga tõhus madalatel ja kõrgetel temperatuuridel		Vähetõhus madalatel ja üle 30 °C temperatuuridel	
Ei sõltu pH-st, tõhus pH vahemikus 4–10		Reaktsioonivõime sõltub tugevasti pH-st, väheneb tugevasti, kui pH on üle 7,5	
		Kloor on oma olemuselt tugevate roostet tekitavate omadustega (korrosiooniagressiivsus sõltub otseselt pH-st. pH vähendamine parandab tõhusust, kuid koos sellega suureneb ka korrosiooniefekt)	
<b>Kasutuslihtsus, rentaablus</b>			
Algsed kulud on minimaalsed (vaja on vaid doseerimis-pumpa)	Suured kulutused seadmetele ja tehnilisele hooldusele	Keskmise suurusega algsed kulutused seadmetele (generaatorid)	Suured kulutused seadmetele
	Nõuab suuri eksploatatsioonikuluseid (energiakulu)		Oluline on kasutada lisafiltreid moodustuvate kõrvalproduktide eemaldamiseks
Puuduvad karmimad nõuded transportimisele ja hoiustamisele (tarnitakse plahvatusohutute tablettidena)	Puudub vajadus kemikaalide transportimise ja hoiustamise järele	Ranged nõuded transportimisele ja hoiustamisele	Ranged ohutusnõuded
		Lekke korral potentsiaalne oht tervisele	Olulised kulud operaatorite väljaõppele ja seadmete hooldusele