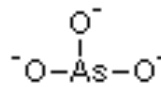
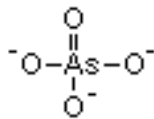


Arsen (CAS nr. 7440-38-2). Fastsættelse af kvalitetskriterier

As og uorganiske arsenforbindelser
Herunder
Arsenat (As(V)) og Arsenit (As(III))



Vandkvalitetskriterie, ferskvand: 4,3 µg/l

Vankvalitetskriterie, saltvand: 0,6 µg/l tilføjet

Korttidsvandkvalitetskriterie, ferskvand: 43 µg/l
Korttidsvandkvalitetskriterie, saltvand: 1,1 µg/l tilføjet

English Summary

There are many EC50 values for both freshwater and saltwater species (see table below), and the saltwater species have significantly lower EC50s than the freshwater species ($P < 0.0005$). Therefore saltwater and freshwater are treated separately.

Freshwater

There is only one valid NOEC value for fish which is not the most sensitive group in acute tests, and so the WQS will be derived on the basis of the acute values (EC50s).

There are EC50 values for 26 species covering 7 higher taxonomic groups, and it was decided to use species sensitivity distribution, and calculate an HC5 to which an assessment factor of 100 would be applied. The $HC5_{50} = 430 \mu\text{g/l}$, resulting in a $WQS = 4.3 \mu\text{g/l}$.

For derivation of the maximum acceptable concentration (MAC) an assessment factor of 10 is applied to the HC5 giving a $MAC = 43 \mu\text{g/l}$

Saltwater

There are EC10 or NOEC values for 7 species representing four major taxonomic groups, and an EC20 for an algal periphytic community.. Thus an assessment factor of 10 is applied to the lowest EC10 ($6 \mu\text{g/l}$) giving a $WQS = 0.6 \mu\text{g/l}$.

There are EC50 values for 11 species representing 4 major taxonomic groups. Therefore, for derivation of a MAC, an assessment factor of 10 is applied to the lowest EC50 giving a $MAC = 1.1 \mu\text{g/l}$.

The saltwater standards are close to or below the natural background levels, and WQS and MAC are therefore values to be added to the natural background level.

Arsenic is not regarded as bioaccumulative, and thus secondary poisoning is not taken into account.

The water quality standards (WQS) thus are:

$$WQS_{\text{freshwater}} = 4.3 \mu\text{g/l}$$

$$WQS_{\text{saltwater}} = 0.6 \mu\text{g/l added}$$

$$MAC_{\text{freshwater}} = 43 \mu\text{g/l}$$

$$MAC_{\text{saltwater}} = 1.1 \mu\text{g/l added}$$

Brug af stoffet

Det vurderes at ca. 70 % af den globale produktion af arsen anvendes som konserveringsmiddel til træ. Ca. 22 % anvendes i bekæmpelsesmidler. Den resterende mængde anvendes bl.a. i glas og farmaceutiske produkter.

Opløselighed i vand

Opløseligheden af Arsen i vand afhænger bl.a. af valenstrin, pH, og As(III) og As(V) er de dominerende former i vand. I iltrigt overfladevand er arsen næsten udelukkende tilstede som As(V).

Giftighed overfor vandorganismer (EC₅₀, NOEC, EC_x PNEC osv.).

Ferskvandsorganismer

Akut giftighed:

	Valens	Målt	Varighed	Effekt	Effekttype	Værdi µg/l	Reference
Alger							
<i>Selenastrum capricornutum</i>	As(III)	N	96 t	Vækst	EC ₅₀	31.200	US EPA, 1980**
<i>Selenastrum capricornutum</i>	As(V)	N	96 t	Vækst	EC ₅₀	690	US EPA, 1980**
Højere planter							
<i>Lemna minor</i>	I.A.	N	14 d	Vækst	EC ₅₀	22.200	Jenner, H.A., and J.P.M. Janssen-Mommen, 1993*
<i>Lemna minor</i>	I.A.	N	14 d	Vækst	EC ₅₀	630	Jenner, H.A., and J.P.M. Janssen-Mommen, 1993*
Ledorme							
<i>Tubifex tubifex</i>	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	127.400	Fargasova, 1994**
Bløddyr							
<i>Perna perna</i>	I.A.	N	1 t	Adfærd	EC ₅₀	4000	Watling & Watling, 1982*
Krebsdyr							
<i>Bosmina longirostris</i>	As(V)	N	96 t	Bevægelighed	EC ₅₀	850	Passino & Novak, 1984**
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	As(III)	N	48 t	Mortalitet	LC ₅₀	1500	Spehar & Fiandt, 1986**
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	I.A.	N	48 t	Mortalitet	LC ₅₀	1800	Mount, D.I., and T.J. Norberg, 1984*
<i>Daphnia magna</i>	As(III)	N	48 t	Bevægelighed	EC ₅₀	1700	Mayer & Ellersieck, 1986**
<i>Daphnia magna</i>	As(III)	J	48 t	Mortalitet	LC ₅₀	4600	Lima <i>et al.</i> 1984**
<i>Daphnia magna</i>	As(V)	N	48 t	Mortalitet	LC ₅₀	44700	Fargasova, 1994**
<i>Daphnia magna</i>	I.A.	N	48 t	Mortalitet	LC ₅₀	3800	Mount & Norberg, 1984*
<i>Daphnia pulex</i>	As(V)	J	48 t	Mortalitet	LC ₅₀	3600	Jurewicz & Buikema, 1980**
<i>Daphnia pulex</i>	As(V)	N	48 t	Bevægelighed	EC ₅₀	49.600	Passino & Novak, 1984**
<i>Daphnia pulex</i>	I.A.	N	48 t	Mortalitet	LC ₅₀	1900	Mount & Norberg, 1984*
<i>Hyalella azteca</i>	I.A.	J	7 d	Mortalitet	LC ₅₀	494	Borgmann <i>et al.</i> , 2005*
<i>Simocephalus serrulatus</i>	As(III)	N	48 t	Bevægelighed	EC ₅₀	800	Mayer & Ellersieck, 1986**
<i>Simocephalus vetulus</i>	I.A.	N	48 t	Mortalitet	LC ₅₀	1700	Mount & Norberg, 1984*
<i>Gammarus pseudolimnaeus</i>	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	870	Lima <i>et al.</i> , 1984**

Insekter

Chironomus tentans	I.A.	N	48 t	Bevægelighed	EC ₅₀	680	Khangarot & Ray, 1989**
Pteronarcys californica	As(III)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	21.900	Mayer & Ellersieck, 1986**

Fisk

<i>Carassius auratus</i>	As(III)	N	7 d	Mortalitet	LC ₅₀	490	Birge <i>et al.</i> , 1979*
<i>Carassius auratus</i> (juvenile)	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	26.000	Cardwell <i>et al.</i> , 1967**
<i>Carassius auratus</i>	As(V)	N	48 t	Mortalitet	LC ₅₀	32.000	Weir & Hine, 1970**
<i>Gambusia affinis</i>	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	49.000	Jurewicz & Buikema, 1980**
<i>Ictalurus punctatus</i>	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	18.000	Cardwell <i>et al.</i> 1976**
<i>Jordanella floridae</i> (fry)	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	28.000	Cardwell <i>et al.</i> , 1976**
<i>Jordanella floridae</i> (juvenile)	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	14.400	Lima <i>et al.</i> , 1984**
<i>Lepomis macrochirus</i>	As(III)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	15.200	Ingelis & Davis, 1972**
<i>Lepomis macrochirus</i> (juvenile)	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	41.600	Cardwell <i>et al.</i> , 1976**
<i>Lepomis macrochirus</i>	As(III)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	17.300	Mayer & Ellersieck, 1986**
<i>Notemigonus crysoleucas</i>	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	12.500	Hartwell <i>et al.</i> , 1989**
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	As(III)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	13.300	Mayer & Ellersieck, 1986**
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	As(III)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	91.000	Buhl & Hamilton, 1991**
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (juvenile)	As(III)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	16.000	Buhl & Hamilton, 1991**
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	67.500	Buhl & Hamilton, 1990**
<i>Pimephales promelas</i> (juvenile)	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	15.600	Cardwell <i>et al.</i> , 1976**
<i>Pimephales promelas</i>	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	14.100	Lima <i>et al.</i> , 1984**
<i>Pimephales promelas</i>	As(III)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	12.600	Spehar & Fiandt, 1986**
<i>Pimephales promelas</i>	I.A.	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	9900	Dyer <i>et al.</i> , 1993*
<i>Ptychocheilus lucius</i> (larve)	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	105.000	Hamilton & Buhl, 1997**
<i>Salvelinus fontinalis</i>	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	15.000	Cardwell <i>et al.</i> , 1976**
<i>Thymallus arcticus</i>	As(III)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	27.700	Buhl & Hamilton, 1991**
<i>Thymallus arcticus</i> (juvenile)	As(III)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	13.700	Buhl & Hamilton, 1991**
<i>Thymallus arcticus</i>	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	197.000	Buhl & Hamilton, 1990**
<i>Thymallus arcticus</i>	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	30.900	Buhl & Hamilton, 1990**
<i>Xyrauchen texanus</i>	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	17.800	Hamilton & Buhl, 1997**

Padder

<i>Gastrophryne carolinensis</i>	As(III)	N	7 d	Mortalitet	LC ₅₀	40	Birge <i>et al.</i> , 1979*
----------------------------------	---------	---	-----	------------	------------------	----	-----------------------------

Kronisk giftighed

	Valens	Målt	Varighed	Effekt	Effekttype	Værdi µg/l	Reference
Alger							
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	As(V)	N	12 d	Populationsvækst	EC ₅₀	61.000	Fargasova, A., 1994*
<i>Scenedesmus obliquus</i>	As(V)	N	14 d	Vækst	EC ₅₀	48	Vocke <i>et al.</i> , 1980**
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	As(V)	N	14 d	Vækst	EC ₅₀	260	Vocke <i>et al.</i> , 1980**
<i>Selenastrum capricornutum</i>	As(V)	N	14 d	Vækst	EC ₅₀	30.800	Vocke <i>et al.</i> , 1980**
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	As(V)	N	14 d	Vækst	EC ₅₀	202.000	Jurewicz & Buikema, 1980**
Fisk							
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (tidligt livsstadie)	I.A.	N	6 m	Hæmatokrit (anæmi)	NOEC	200	Kotsanis <i>et al.</i> , 2000*

Saltvandsorganismer

Akut giftighed

	Valens	Målt	Varighed	Effekt	Effekttype	Værdi µg/l	Reference
Højere planter							
<i>Spartina alterniflora</i>	I.A.	J	9 d	Vækst	EC ₅₀	37	Sanders, J.G., and R.W. Osman, 1985*
Bløddyr							
<i>Argopecten irradians (juvenil)</i>	As(III)	N	48 t	Mortalitet	EC ₅₀	4400	Nelson <i>et al.</i> , 1976**
<i>Argopecten irradians (juvenil)</i>	As(III)	N	96 t	Mortalitet	EC ₅₀	3500	Nelson <i>et al.</i> , 1976**
Krebsdyr							
<i>Acartia clausi</i>	I.A.	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	508	Cardin, 1980*
<i>Acartia clause</i>	I.A.	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	907	Lussier & Cardin, 1985*
<i>Americamysis (Mysidopsis) bahia</i> (post-larve)	I.A.	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	1740	Lussier <i>et al.</i> , 1985*
<i>Americamysis (Mysidopsis)</i>	I.A.	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	2319	Lussier, S.M., 1985*

<i>bahia</i> (juvenile)								
<i>Americamysis (Mysidopsis bahia)</i>	As(V)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	2300	US EPA, 1985**	
<i>Nitocra spinipes</i>	As(III)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	3500	Bengtsson & Bergstrøm, 1987**	
<i>Nitocra spinipes</i>	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	3000	Bengtsson & Bergstrøm, 1987**	
<i>Tigriopus brevicornis</i> (nauplius)	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	10,9	Forget <i>et al.</i> , 1998	
<i>Tigriopus brevicornis</i> (copepodit)	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	19,8	Forget <i>et al.</i> , 1998	
<i>Tigriopus brevicornis</i> (æg-bærende hun)	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	27,5	Forget <i>et al.</i> , 1998	
Fisk								
<i>Chelon labrosus</i>	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	27.300	Taylor <i>et al.</i> , 1985**	
<i>Cyprinodon variegatus</i>	As(III)	J	-	Mortalitet	LC ₅₀	12.700	US EPA, 1985**	
<i>Limanda limanda</i>	As(III)	J	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	28.500	Taylor <i>et al.</i> 1985**	
<i>Morone saxatilis</i>	As(V)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	10.300	Dwyer <i>et al.</i> , 1992**	
<i>Therapon jarbua</i>	As(III)	N	96 t	Mortalitet	LC ₅₀	3380	Krishna-kumari <i>et al.</i> , 1983**	

Kronisk giftighed

	Valens	Målt	Varighed	Effekt	Effekttype	Værdi µg/l	Reference
Alger							
Algemåtte (periphyton community)	As(V)	J	21 d	Kulhydratindhold	EC ₂₀	37	Blanck, H., and S.A. Waengberg, 1988*
Algemåtte (periphyton community)	As(V)	J	21 d	Nitrogenindhold	EC ₂₀	60	Blanck, H., and S.A. Waengberg, 1988*
Algemåtte (periphyton community)	As(V)	J	21 d	Fysiologi	EC ₂₀	23	Blanck, H., and S.A. Waengberg, 1988*
Algemåtte (periphyton community)	As(V)	J	21 d	Biomasse	EC ₂₀	23	Blanck, H., and S.A. Waengberg, 1988*
Algemåtte (periphyton community)	As(V)	J	21 d	Populationsvækst	EC ₂₀	15	Blanck, H., and S.A.

community)							Waengberg, 1988*
# <i>Skeletonema costatum</i>	As (V)		6 d	Vækst	LOEC	13	Sanders 1979
# <i>Skeletonema costatum</i>	As(III)		6 d	Vækst	LOEC	10	“
# <i>Fucus serratus</i>	As(V)		17 uger	Vækst og mortalitet	NOEC	20	Geiszinger et al. 2001
# <i>Champia parvula</i> (en rødalge)	As(III)		14 d		NOEC	60	Thursby & Steele 1984
Krebsdyr							
<i>Americamysis bahia</i> (post-larve)	As(III)	J	29-51 d	Mortalitet	LOEC	1270	Lussier <i>et al.</i> , 1985*
<i>Americamysis bahia</i> (post-larve)	As(V)	J	29-51 d	Mortalitet	NOEC	631	Lussier <i>et al.</i> , 1985*
# <i>Palaemonetes pugio</i>	As (V)		28 d	Vækst	NOEC	25	Lindsay & Sanders 1990
Pighuder							
# <i>Strongylocentrotus purpuratus</i>	As(V)		48 t	Embronaludvikling	EC ₁₀	6	Garman et al. 1997
Fisk							
# <i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	As(III)		10 d	Mortalitet	NOEC	2650	Holland et al.1960

I.A.= Ikke angivet

Referencer angivet med “*” er fra ECOTOX

Referencer angivet med “**” er fra WHO, 2001a

#Tilføjet maj 2017

Giftighed overfor pattedyr og fugle (NOEC, NOAEL, PNEC_{oral} (PNEC_{føde}), hormonforstyrrende effekter osv.)

NOAEL's for oral indtag af arsen er rapporteret til mellem 1,5 og 3,5 mg As/kg-bw/dag baseret på 2-årige studier af rotter og hunde (Canadian Environmental Protection Act, 1993).

Giftighed overfor mennesker (ADI, TDI, hormonforstyrrende effekter, klassificering for kræft, reproduktionsskader og mutagenitet)

Arsenforbindelser er klassificeret (ved gruppeklassificering) som kræftfremkaldende af IARC (International Agency for Research on Cancer)(Group 1, Carcinogens to humans). Arsen er ikke klassificeret som kræftfremkaldende i EU.

JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) har fastsat en TDI for uorganisk arsen på 2 µg/kg b.w./d (WHO, 2001b)

Afsmag i fisk, skaldyr o.l.

Ingen oplysninger

Nedbrydelighed

Ikke nedbrydeligt

Bioakkumulering (log K_{ow}, BCF, BMF)

Vandlevende organismer kan bioakkumulere organiske arsenforbindelser efter biotransformation fra uorganisk arsen. Disse organiske forbindelser er dog generelt mindre toksiske og sekundær forgiftning vurderes derfor at være usandsynlig.

$BCF_{\text{invertebrater, ferskvand}} = 100-200$ (Fowler, 1983 i Nikunen *et al.*, 2000)

Naturlig forekomst

Danske farvande 0,7-1,07 µg/l (Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 1986)

Der er ikke fundet data for naturlig forekomst af arsen i danske vandløb og søer. Nedenstående tabel viser naturlige arsenkoncentrationer i overfladevand fra Australien (Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority).

Element	Havvand (µg/l)	Brakvand (µg/l)	Ferskvand (µg/l)
As	1.0-1.6	1.0-3.3	<10

Undersøgelser fra canadiske vandløb fjernt fra forureningskilder viser, at baggrundskoncentrationer af uorganisk arsen typisk er på < 2 µg/l (Canadian Environmental Protection Act, 1993).

Det antages derfor, at den naturlige baggrundskoncentration af uorganisk arsen i overfladevand i Danmark er 1 µg/l for saltvand og 2 µg/l for ferskvand.

Dersom der ikke haves målinger til bedømmelse af den naturlige baggrundskoncentration i kystnære farvande kan baggrundsniveauet evt. skønnes ud fra det geometriske gennemsnit af den naturlige baggrundskoncentration i de åer, der løber ud i farvandet og den naturlige baggrundskoncentration i det omgivende hav.

Vandkvalitetskriterie, inkl. argumentation og kvalitetsvurdering af udslagsgivende undersøgelse

Vandkvalitetskriterierne er fastsat i overensstemmelse med Miljøstyrelsens vejledning (Miljøstyrelsen 2004) og EU vejledningen (EU 2011).

Vandlevende arter udviser stor forskel i følsomhed overfor forskellige arsenforbindelser da optag og virkningsmåde kan variere betragteligt. Generelt er uorganiske arsenforbindelser dog mere giftige end de organiske forbindelser.

Det er angivet flere steder i litteraturen, at arsenforbindelser generelt er mere giftige over for saltvandsorganismer end over for ferskvandsorganismer, og en Mann-Whitney analyse (Zar 1974) af de akutte data giver også en meget lille sandsynlighed for at saltvandsarterne ikke skulle være mere følsomme end ferskvandsarterne ($P < 0,0005$). Derfor anvendes værdier for ferskvand og saltvand hver for sig.

Ferskvand

For ferskvandsorganismer er der fundet 2 effektkoncentrationer omkring 40 µg/l fra både akutte og kroniske studier.

Birge *et al.* (1979) fandt en LC_{50} på 40 µg/l for padden *Gastrophryne carolinensis*. Det har dog ikke været muligt at finde originallitteraturen fra studiet. Birge *et al.*'s forsøg strækker sig over 7 dage, hvor standarden er 4 dage. Endvidere har de i samme studie også beregnet EC_{50} for guldfisk, hvor deres EC_{50} ligger en faktor 60 under EC_{50} for samme art fundet i to andre undersøgelser og generelt omkr. en faktor 100 under EC_{50} værdier for en række andre fiskearter (11) fundet af andre forfattere. Derfor betragtes disse værdier som værende ikke troværdige og bruges ikke.

Vocke *et al.* (1980) undersøgte giftigheden af arsenat på tre forskellige mikroalger ved eksponering over 14 dage. Den laveste effektkoncentration var en EC_{50} på 48 µg/l for *Scenedesmus obliquus*. Testmetoden for dette studie er baseret på US EPA Algal Assay Procedure Bottle Test. Testens varighed på 14 dage er 3-5 gange varigheden af standardtestene (3-4 dage) og værdierne er EC_{50} og ikke NOEC eller EC_x ($x=5-20$), så værdierne bruges ikke direkte, men kun som supplerende oplysninger.

Der er således kun én brugbar NOEC, som er for fisk, og da fisk ikke var den mest følsomme gruppe i akuttetesterne vil man normalt anvende en faktor 1000 på laveste EC_{50} .

Der er dog brugbare EC_{50} værdier for 26 arter repræsenterende 7 højere systematiske grupper og en fordelingsanalyse (SSD) af arternes følsomhed (EC_{50}) giver en HC_{50} (=Kp) værdi på 430 µg/l (den værdi, hvor det forventes, at 95% af arterne vil have en EC_{50} værdi, der er større (bestemt med 50% konfidens interval)). I SSD analysen er der for fisk brugt et geometrisk gennemsnit af værdierne for hver art, hvis der for den givne art har været mere end én værdi. For alle andre grupper er der

beregnet et geometrisk gennemsnit hvis der har været 3 eller flere værdier. Denne fremgangsmåde er blevet fulgt for at mindske dominansen af værdier for fisk.

Hvis der bruges en usikkerhedsfaktor på 100 på HC5 fås VKK = 4,3 µg/l. EU's vejledning i risikovurdering (TGD) anbefaler, at der skal være mindst 8 højere systematiske grupper og 10 arter førend man anvender fordelingsmetoden, men den opnåede VKK er dog omkr. 10 gange lavere end de laveste effektværdier (også end dem som ikke blev medtaget i analysen), og der er endvidere EC50 værdier for et ganske stort antal arter. Det skønnes derfor, at metoden er brugbar i dette tilfælde og der anvendes en UF på 100 på HC5 til beregning af VKK.

Da der er mange EC50 værdier fra 7 højere systematiske grupper anvendes der en usikkerhedsfaktor på 10 på HC5 til beregning af korttidsvandkvalitetskriteriet (KVKK), som da bliver $430 \mu\text{g/l} : 10 = 43 \mu\text{g/l}$

Saltvand

Den laveste effektkoncentration der er fundet for saltvandsorganismer er en EC₁₀ på 6 µg/l for et søpindsvin (*S. purpuratus*, Garman et al. 1997). EC₁₀ er beregnet af UK 2007 ud fra figurerne i Garman et al.

Garman et al 1997 forsøget blev udført med befrugtede æg, og udviklingen i forstrene (spikler og archenteron (gastrulering)) blev fulgt over 48 timer. Den anvendte forbindelse var natrium arsenat (Na₂HAsO₄·7H₂O), som er meget opløseligt i vand (flere hundrede gram pr. liter (Spectrum og Science Lab. Com)).

Forsøget blev udført med 4 replikater og gentaget tre gange med 6 koncentrationer inkl. kontrollen. Der er oplysninger om det anvendte stof og leverandøren af dette, indsamlingen af de voksne søpindsvin og udtagningen af æg og sæd, tæthed af embryonerne, samt forsøgsvandets pH, saltholdighed og temperatur. Saltholdighed, pH og iltkoncentration blev målt ved start og slut af forsøget og der var ikke nævneværdige forskelle mellem start og slut. Koncentrationerne i forsøgs vandet blev ikke målt, så de angivne koncentrationer er nominelle. Da opløseligheden er omkr. 3 millioner gange en højest anvendte koncentration, vurderes det ikke at have betydning at koncentrationerne er nominelle.

Der er ikke direkte oplysninger om dødelighed i kontrollerne, men optælling af abnormaliteter i embryonerne foregik ved tilfældigt at udvælge 100 embryoner fra hver prøve og notere udvikling af spikler og archenteron i hvert embryon, og fra kurverne kan det ses at omkr. 90% af embryonerne var normale i kontrollerne.

Skønt forsøget ikke var et standardforsøg vurderes det at være brugbart og relevant, dvs. at have implikationer for søpindsvinebestande. Det tildeles et troværdigheds ("reliability-") indeks på RI = 2. UK 2007 tildelte også dette studie et RI på 2.

Der er NOEC eller EC₁₀ værdier (kronisk) for 7 saltvandsarter i fire større systematiske grupper, samt EC₂₀ for et alge-periphyton samfund. Der bruges derfor en usikkerhedsfaktor på 10, og kvalitetskriteriet for saltvand bliver $\text{VKK}_{\text{saltvand}} = 6 \mu\text{g/l} : 10 = 0,6 \mu\text{g/l}$

Laveste EC50 er 10,9 µg/l for krebsdyret (Copepoda) *T. brevicornis* (Forget et al. 1998).

Forget et al. (1998) undersøgte den akutte effekt af arsenat over for forskellige livsstadier af copepodarten *Tigriopus brevicornis*, hvor nauplius-stadiet var det mest følsomme. Der er tale om et 96 timers statisk forsøg med daglig udskiftning af testfortyndingerne. Hver af de fem

testkoncentrationer blev udført i tre replikater med 20 eller 30 individer i hver (afhængigt af livsstadie). Der blev under forsøget målt temperatur, iltindhold, salinitet og pH, men arsenindholdet i fortyndingerne er ikke målt. Dødeligheden i kontrollerne er angivet til under 6 %. Forsøget betragtes som troværdigt og brugbart (RI = 2).

Der er EC50 værdier for 11 arter repræsenterende 4 større systematiske grupper, så der anvendes en usikkerhedsfaktor på 10 til beregning af korttidskvalitetskriteriet (KVKK), som således bliver $10,9 \mu\text{g/l}:10 = 1,1 \mu\text{g/l}$.

Kvalitetskriteriet for saltvand ligger tæt på den naturlige baggrundskoncentration, og bruges derfor som en værdi føjet til den naturlige baggrundskoncentration.

En finjustering af vandkvalitetskriterierne vil kunne ske ved at tage hensyn til tilgængeligheden af stoffet, både ved en vurdering af de udførte tests, men især ved analyser af forholdene i det modtagende vand, og dersom der i fremtiden udvikles modeller til at tage højde for arsens og arsenforbindelsers biotilgængelighed (f.eks. "biotic ligand modelling", BLM) vil dette værktøj kunne bruges i specifikke tilfælde for et specifikt vandområde.

Værdierne gælder opløst arsen.

Vandkvalitetskriterierne bliver således:

Vandkvalitetskriterie, ferskvand: 4,3 µg/l
Vandkvalitetskriterie, saltvand: 0,6 µg/l, tilføjet

Korttidsvandkvalitetskriterie, ferskvand: 43 µg/l
Korttidsvandkvalitetskriterie, saltvand: 1,1 µg/l tilføjet

Referencer

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 2, 1986. Forbrug og forurening med arsen, chrom, cobalt og nikkel i Danmark.

Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority (APVMA). Part two: Environmental Assessment.

Bengtsson B E and Bergstrom B, 1987 *A flow-through fecundity test with Nitocra spinipes (Harpacticoidea crustacea) for aquatic toxicity*. Ecotoxicology and Environmental Safety, **14**, 260–268.

Canadian Environmental Protection Act, 1993. Arsenic and its Compounds. Priority Substances List Assessment Report. Government of Canada.

EU 2011: Technical Report – 2011 -055. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 27, Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards (<https://circabc.europa.eu/sd/a/0cc3581b-5f65-4b6f-91c6-433a1e947838/TGD-EQS%20CIS-WFD%2027%20EC%202011.pdf>)

Forget, J., Pavillion, J.F., Menasria, M.R. & Bocquené, G. 1998. Mortality and LC₅₀ values for several stages of the marine copepod *Tigriopus brevicornis* (Müller) exposed to the metals arsenic and cadmium and the pesticides atrazine, carbofuran, dichlorvos, and malathion. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 40: 239-244.

Garman G D, Anderson S L and Cherr G N, 1997 *Developmental abnormalities and DNA-protein crosslinks in sea urchin embryos exposed to three metals*. *Aquatic Toxicology*, **39**, 247–265.

Geiszinger A, Goessler W, Pedersen S N and Francesconi K A, 2001 *Arsenic biotransformation by the brown macroalga Fucus serratus*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **20**, 2255–2262

Holland G A, Lasater J E, Neumann E D and Eldridge W E, 1960 *Toxic effects of organic and inorganic pollutants on young salmon and trout*. State of Washington Department of Fish (Seattle, WA) Research Bulletin No. 5, 263.

Lindsay D M and Sanders J G, 1990 *Arsenic uptake and transfer in a simplified estuarine food chain*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **9**, 391–395.

Lussier S M, Gentile J H and Walker J, 1985 *Acute and chronic effects of heavy metals and cyanide on Mysidopsis bahia (Crustacea: Mysidacea)*. *Aquatic Toxicology*, **7**, 25–35.

Miljøstyrelsen (2004). Principper for fastsættelse af vandkvalitetskriterier for stoffer i overfladevand, Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4 2004.

Nikunen, E., R. Leinonen, B. Kemiläinen & A. Kultamaa 2000: Environmental properties of chemicals.. Finnish Environment Institute, Helsinki

Sanders J G, 1979 *Effects of arsenic speciation and phosphate concentration on arsenic inhibition of Skeletonema costatum (Bacillariophyceae)*. *Journal of Phycology*, **15**, 424–428

Science Lab. Com, Material Safety Data Sheet: <http://www.uccaribe.edu/research/wp-content/uploads/2014/03/Sodium-arsenate.pdf>

Spectrum, Material Safety Data Sheet: <https://www.spectrumchemical.com/MSDS/S3590.pdf>

Thursby G B and Steele R L, 1984 *Toxicity of arsenate and arsenite to the marine macroalga Champia parvula (Rhodophyta)*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **3**, 391–397.

UK 2007: Environment Agency: Proposed EQS for Water Framework Directive Annex VIII substances: arsenic (total dissolved). Science Report: SC040038/SR, SNIFFER Report: WFD52(iii)

WHO 2001(a). Arsenic and arsenic compounds. Environmental Health Criteria 224.

WHO 2001(b). http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecval/jec_159.htm

Zar, J.H. 1974: Biostatistical Analysis. Prentice-Hall Inc., London.