

**Mangan (7439-96-5).** Fastsættelse af kvalitetskriterier**Strukturformel****Mn*****VKK, ferskvand: 150 µg/l tilføjet******VKK, saltvand: 150 µg/l tilføjet******KVKK: 420 µg/l tilføjet*****English Summary**

Toxicity of Manganese to freshwater organisms increases with decreasing water hardness. Hence, PNEC was calculated as an equation expressing this relationship. Reimer (1999) reported chronic NOEC's for *D. magna* and *S. trutta* at different levels of water hardness (measured as mg CaCO<sub>3</sub>/l). *Daphnia magna* was the most sensitive organism and was used for derivation of PNEC which is determined from linear regression and using an assessment factor of 10. Ninety percent of the Danish surface waters have a water hardness of above 14 mg/l CaCO<sub>3</sub> and the PNEC at this level is chosen as water quality standard (150 µg/l).

Marine organisms seem to be equally sensitive to manganese as freshwater organisms and the two datasets were therefore merged. PNEC for saltwater is then equal to PNEC for freshwater = 150 µg/l.

The maximum acceptable concentration (MAC) is also expressed as a relationship between toxicity and water hardness. The most sensitive organism in short term tests was *S. trutta*, and the equation for the regression line was adjusted with an assessment factor of 10. This yields a MAC of 420 µg/l at a water hardness of 14 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

There are EC50 values for 8 higher taxonomic groups, and 24 species. However, the species sensitivity distribution has not been applied because of the very great variation in the values while data for each species are insufficient for correcting for hardness which clearly plays a major role for the variability.

For freshwater it is recommended that the water quality criteria are adjusted locally according to hardness of the water. This is especially important in very soft water. The following equations can be used for  $WQS_{\text{freshwater}}$  and MAC respectively:

$$WQS_{\text{freshwater}} (\mu\text{g/l}) = 2.47 \times \text{hardness of water (mg/l CaCO}_3) + 113$$

$$\text{MAC} (\mu\text{g/l}) = 6.11 \times \text{hardness of water (mg/l CaCO}_3) + 336$$

#### **Water Quality Standards for manganese**

**Freshwater: WQS = 150  $\mu\text{g/l}$  added**

**Marine waters: WQS = 150  $\mu\text{g/l}$  added**

**MAC: WQS = 420  $\mu\text{g/l}$  added**

All values should be added to the natural background concentration  $\sim 150 \mu\text{g/l}$ .

#### **Brug af stoffet**

Størstedelen af den udvundne Mangan anvendes til at forbedre hårdheden af stål. Desuden kan forskellige manganforbindelser anvendes i batterier, tændstikker, fyrværkeri, porcelæn, gødning, dyrefoder, fungicider og som konserveringsmiddel (IPCS, 2006).

Mangan kan eksistere i 11 oxidationstrin fra -3 til +7, men de mest almindeligt forekommende er +2 (eksempelvis  $\text{MnCl}_2$ ), +4 (eksempelvis  $\text{MnO}_2$ ) og +7 (eksempelvis  $\text{KMnO}_4$ ) (IPCS, 2006).

Mangan er et essentielt næringsstof for mikroorganismer, planter og dyr, og anvendes derfor bl.a. i vækstmedie til alger, i fiskefoder og andet dyrefoder samt i gødning til planter. Undersøgelser har vist, at koncentrationer under  $40 \mu\text{g/l}$  kan påvirke artsdiversiteten af autotrofe mikroorganismer i vandmiljøet, hvor lave koncentrationer favoriserer væksten af blågrønalger mens højere koncentrationer favoriserer væksten af eukaryote mikroalger (IPCS, 2006).

#### **Opløselighed i vand**

Varierer betragteligt afhængig af hvilken manganforbindelse, der er tale om. Manganklorid ( $\text{MnCl}_2$ ) og mangansulfat ( $\text{MnSO}_4$ ) som er de forbindelser, der oftest er anvendt i økotoksikologiske forsøg med akvatiske organismer, har vandopløseligheder på henholdsvis  $723 \text{ g/l}$  og  $530 \text{ g/l}$  ved  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Manganfosfat, mangankarbonat og manganoxiderne er svært opløselige i vand (IPCS, 2006).



## Giftighed overfor vandorganismer (EC<sub>50</sub>, NOEC, EC<sub>x</sub>, PNEC osv.)

### Ferskvandsorganismer

Akut giftighed

	Salt	Målt	Varighed	Effekt	Effekttype	Værdi µg/l	Reference
<b>Alger</b>							
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	SO <sub>4</sub>	I.A.	72 t	Væksthæmning	EC <sub>50</sub>	8.300	Reimer, 1999*
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	14 d	Reduktion af cellevolumen	EC <sub>50</sub>	3.100	Christensen <i>et al.</i> , 1979*
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	SO <sub>4</sub>	I.A.	12 d	Væksthæmning	EC <sub>50</sub>	5.000	Fargašová <i>et al.</i> , 1999*
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	SO <sub>4</sub>	I.A.	12 d	Reduktion af klorofyl	EC <sub>50</sub>	1.900	Fargašová <i>et al.</i> , 1999*
<b>Protozoer</b>							
<i>Spirostomum ambiguum</i>	Cl <sub>2</sub>	Nej	24 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	148.000	Nalecz-Jawecki & Sawicki, 1998*
<b>Ledorme</b>							
<i>Tubifex tubifex</i>	SO <sub>4</sub>	I.A.	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	170.600	Khargarot, 1991*
<b>Hjuldyr</b>							
<i>Brachionus calyciflorus</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	24 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	38.700	Couillard <i>et al.</i> , 1989*
<b>Krebsdyr</b>							
<i>Asellus aquaticus</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	48 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	771.000	Martin & Holdich, 1986*
<i>Austropotamobius pallipes</i>	Cl <sub>2</sub>	Ja	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	28.000	Boutet & Chaisemartin, 1973**
<i>Canthocamptus sp.</i>	I.A.	I.A.	48 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	54.000	Rao & Nath, 1983*
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	I.A.	I.A.	48 t	Ubevægelighed	EC <sub>50</sub>	9.100	Boucher & Watzin, 1999*
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	48 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	1.389.000	Martin & Holdich, 1986*
<i>Daphnia magna</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	48 t	Ubevægelighed	EC <sub>50</sub>	9.800	Biesinger & Christensen, 1972*
<i>Daphnia magna</i>	SO <sub>4</sub>	I.A.	48 t	Ubevægelighed	EC <sub>50</sub>	8.300	Khargarot & Ray, 1989*
<i>Daphnia magna</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	48 t	Ubevægelighed	EC <sub>50</sub>	2.000	Sheedy <i>et al.</i> , 1991*

	Salt	Målt	Varighed	Effekt	Effekttype	Værdi µg/l	Reference
<i>Daphnia magna</i>	Cl <sub>2</sub>	Ja	48 t	Ubevægelighed	EC <sub>50</sub>	800 – 76.000***	Reimer, 1999
<i>Daphnia magna</i>	SO <sub>4</sub>	Ja	48 t	Ubevægelighed	EC <sub>50</sub>	15.600	Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	Cl <sub>2</sub>	Nej	48 t	Ubevægelighed	EC <sub>50</sub>	40.000	Browmer <i>et al.</i> , 1998*
<i>Daphnia obtusa</i>	SO <sub>4</sub>	I.A.	48 t	Ubevægelighed	EC <sub>50</sub>	37.400	Rossini & Ronco, 1996*
<i>Hyalella azteca</i>	I.A.	Ja	7 d	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	5.049	Borgmann <i>et al.</i> , 2005
<i>Orconectes limosus</i>	Cl <sub>2</sub>	Ja	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	51.000	Boutet & Chaisemartin, 1973**
<b>Insekter</b>							
<i>Chironomus tentans</i>	I.A.	I.A.	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	5.800 – 94.300***	Reimer, 1999
<b>Fisk</b>							
<i>Carassius auratus</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	7 d	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	8.200	Birge, 1978*
<i>Channa punctatus</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	3.010.000	Garg <i>et al.</i> , 1989a*
<i>Colisa fasciatus</i>	SO <sub>4</sub>	I.A.	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	2.850.000	Agrawal & Srivastava, 1980*
<i>Heteropneustes fossilis</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	3.350.000	Garg <i>et al.</i> , 1989b*
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	I.A.	I.A.	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	2.400 – 17.400***	Reimer, 1999
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	I.A.	I.A.	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	4.800 (blødt vand)	Davies & Brinkman, 1994*
<i>Pimephales promelas</i>	SO <sub>4</sub>	Ja	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	33.800	Kimball, 1978
<i>Salmo trutta</i>	I.A.	I.A.	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	3.800 – 49.9000***	Davies & Brinkman, 1994*
<b>Padder</b>							
<i>Gastrophryne carolinensis</i>	Cl <sub>2</sub>	Ja	7 d	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	1.400	Birge, 1978*

## Kronisk giftighed

	Salt	Målt	Varighed	Effekt	Effekttype	Værdi µg/l	Reference
<b>Krebsdyr</b>							
<i>Daphnia magna</i>	SO <sub>4</sub>	Ja	28 d	Reproduktion	NOEC	<1.100	Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	Cl <sub>2</sub>	Ja	21 d	Reproduktion	NOEC	3.600 (blødt vand)	Reimer, 1999
<i>Daphnia magna</i>	Cl <sub>2</sub>	Ja	21 d	Reproduktion	NOEC	7.300 (hårdt vand)	Reimer, 1999
<b>Fisk</b>							
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	I.A.	Nej	22-28 d	Overlevelse	EC <sub>10</sub>	958	Birge <i>et al.</i> , 1981**
<i>Pimephales promelas</i> (tidlige stadier)	SO <sub>4</sub>	Ja	28 d	Vækst	NOEC	9.990	Kimball, 1978
<i>Salmo trutta</i>	Cl <sub>2</sub>	Ja	62 d	Overlevelse + vækst	NOEC	4.670	Stubblefield <i>et al.</i> , 1997

**Saltvandsorganismer**

## Akut giftighed

	Salt	Målt	Varighed	Effekt	Effekttype	Værdi µg/l	Reference
<b>Alger</b>							
<i>Asterionella japonica</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	72 t	Væksthæmning	EC <sub>50</sub>	4.900	Fisher & Jones, 1981*
<i>Chlorella stigmatophora</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	21 d	Reduktion af cellevolumen	EC <sub>50</sub>	50.000	Christensen <i>et al.</i> , 1979*
<i>Ditylum brightwellii</i>	Cl <sub>2</sub>	Nej	120 t	Væksthæmning	EC <sub>50</sub>	1.500	Canterford & Canterford, 1980*
<i>Nitzschia closterium</i>	SO <sub>4</sub>	I.A.	96 t	Væksthæmning	EC <sub>50</sub>	25.700	Rosko & Rachlin, 1975*
<b>Bløddyr</b>							
<i>Crassostrea virginica</i>	Cl <sub>2</sub>	Nej	48 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	16.000	Calabrese <i>et al.</i> , 1973*
<i>Mya arenaria</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	7 d	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	300.000	Eisler, 1977*
<i>Mytilus edulis</i>	SO <sub>4</sub>	I.A.	48 t	Larveudvikling	EC <sub>50</sub>	30.000	Morgan <i>et al.</i> , 1987*
<b>Pighuder</b>							
<i>Helicidaris tuberculata</i>	I.A.	I.A.	72 t	Larveudvikling	EC <sub>50</sub>	5.200	Doyle <i>et al.</i> , 2003*
<b>Krebsdyr</b>							
<i>Artemia salina</i>	Cl <sub>2</sub>	I.A.	48 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	51.800	Gajbhiye & Hirota, 1990*
<i>Nitocra spinipes</i>	Nej	I.A.	96 t	Dødelighed	LC <sub>50</sub>	70.000	Bengtsson, 1978*

## Kronisk giftighed

	Salt	Målt	Varighed	Effekt	Effekttype	Værdi µg/l	Reference
<b>Alger</b>							
<i>Nitzschia closterium</i>	I.A.	I.A.	72 t	Væksthæmning	NOEC	18.000	IPCS, 2004

\*fra IPCS, 2004

\*\*fra ECOTOX

\*\*\*Interval for effektivværdier ved forskellige vandhårdheder. Laveste værdi er fra blødt vand.



## **Giftighed overfor pattedyr og fugle (NOEC, NOAEL, PNEC<sub>oral</sub> (PNEC<sub>føde</sub>), hormonforstyrrende effekter osv.)**

Ingen oplysninger.

## **Giftighed overfor mennesker (ADI, TDI, hormonforstyrrende effekter, klassificering for kræft, reproduktionsskader og mutagenicitet)**

Mangan er ikke klassificeret med R-sætninger, der dækker over kræftfremkaldende, reproduktionstoksiske eller mutagene egenskaber i EU.

I databasen IRIS (2009) er angivet en NOAEL for oralt indtag og en referencedosis (RfD) på 0,14 mg/kg/dag.

## **Afsmag i fisk, skaldyr o.l.**

Ingen oplysninger.

## **Nedbrydelighed**

Mangan er et grundstof og derfor unedbrydeligt.

## **Bioakkumulering (log K<sub>ow</sub>, BCF, BMF)**

Mangan er et essentielt mikronæringsstof, og bliver aktivt optaget af både planter og dyr. Biokoncentrationsfaktoren (BCF) er høj for organismer på lavere trofiske niveauer så som akvatiske planter (2.000 – 20.000), mikroalger (2.500 – 6.300), makroalger (300 – 5.500), muslinger (800 – 830) og fisk (35 – 930). Hos fisk er BCF dog normalt under 100 (IPCS, 2006). Der er modstridende informationer om, hvorvidt mangan biomagnificeres i fødekæden. Et forsøg af Kwasnik *et al.*, 1978 (citeret fra IPCS, 2006) fandt ingen biomagnificering i en simpel ferskvandsfødekæde med alger, dafnier og fisk, mens andre forfattere har fundet lav biomagnificering (IPCS, 2006).

## **Naturlig forekomst**

Mangan er et naturligt forekommende grundstof, som findes i klipper, jord og vand. Koncentrationen af opløst mangan i vandområder med lav antropogen påvirkning kan variere fra 10 til over 10.000 µg/l, men er normalt under 200 µg/l (Reimer, 1999). Ifølge Foregs (2009) er medianen af baggrundskoncentrationer i EU lande 15,9 µg/l. Overfladevand i Danmark har dog en forholdsvis høj naturlig baggrundskoncentration af mangan med koncentrationer op til ca. 150 µg/l.

## **Vandkvalitetskriterie, inkl. argumentation og kvalitetsvurdering af udslagsgivende undersøgelse**

Vandkvalitetskriterierne er fastsat i overensstemmelse med Miljøstyrelsens vejledning (Miljøstyrelsen 2004).

Som det ses af datasættet over økotoxikologiske værdier for mangan er der stor variation i giftigheden, hvilket i høj grad skyldes forskel i hårdheden af vandet ved de udførte forsøg. Giftigheden af mange metaller over for akvatiske organismer påvirkes af vandets hårdhed, hvilket også er tilfældet for mangan. I de tilfælde, hvor der i forsøg er målt på den samme art ved forskellige vandhårdheder varierer giftigheden med op til faktor 100, hvor den højeste giftighed findes i blødt vand. Det kan dog i nogle tilfælde være svært at fortolke datasættet, da en del forsøg er udført ved så lave vandhårdheder, at kontrolgruppen har været signifikant påvirket i forhold til kontrolgrupper ved højere vandhårdheder. Disse data anvendes ikke til fastsættelse af vandkvalitetskriterium.

### **VKK Ferskvand**

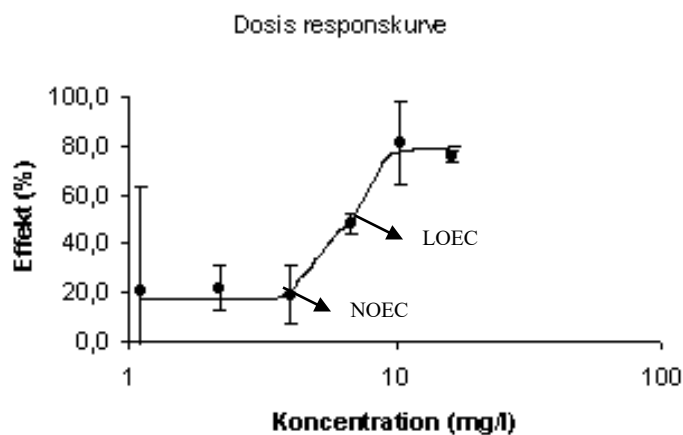
De laveste kroniske værdier er en EC<sub>10</sub> på 958 for vækst hos juvenile *O. mykiss* fra et studium af Birge *et al.*, (1981) og en 28-dages NOEC på 1.100 µg/l for reproduktion hos *D. magna* fra et studium af Kimball (1978). Resultater fra forfatterne Birge *et al.* og Black *et al.* anvendes normalt ikke i EU's risikovurderingsrapporter med følgende begrundelse:

*“The effect values found by Birge and Black for several substances are usually very low compared to effect values found by other authors. No explanation for these large discrepancies could be found. A careful examination of the entire information provided by Birge et al. and Black et al. gave no plausible reason for the inconsistency of the data. Nevertheless it was decided by the EU member states not to use these data for a derivation of a PNEC<sub>aquatic</sub> if other valid fish early life stage tests are available.”*

Kronisk data for *O. mykiss* fra studiet af Birge *et al.*, (1981) anvendes derfor ikke til fastsættelse af vandkvalitetskriterium.

Kimball (1978) benyttede et semi-statisk forsøgsdesign med udskiftning af vandet hver 2.-3. dag. Der blev anvendt seks testkoncentrationer og en kontrol – hver i ti replikater. Der er i løbet af forsøget blevet målt temperatur, iltindhold, pH, vandhårdhed (200 mg/l CaCO<sub>3</sub>) og koncentration af mangan. Forsøget blev kørt med en koncentrationsserie fra 1,1 mg Mn/l til 16,3 mg Mn/l.

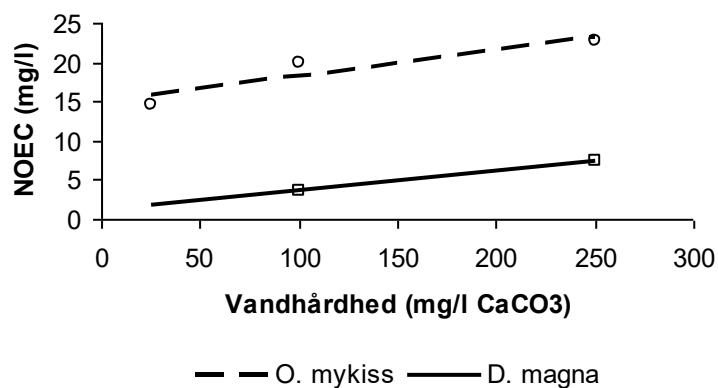
Ud fra resultaterne af dette studium angav Kimball en NOEC værdi på < 1,1 mg/l, da der var en statistisk signifikant effekt på antallet af unger per overlevende hun allerede ved den laveste testede koncentration. Nedenstående dosis-respons kurve, der er udført efter rådata fra studiet, viser dog, at der kan være usikkerhed omkring denne værdi, idet de tre lavest testede koncentrationer (1,1 mg/l; 2,2 mg/l og 4,0 mg/l) alle resulterer i en effekt på omkring 20 % i forhold til kontrollen.



Det er muligt, at antallet af afkom per overlevende hun tilfældigvis er høj i kontrolgruppen, hvilket betyder, at en egentlig effekt først observeres ved koncentrationen 6,8 mg/l. Herved er NOEC 4,0 mg/l og LOEC 6,8 mg/l. Denne fortolkning af datasættet understøttes af et studie af Reimer (1999), der har udledt en 21 dages NOEC for *D. magna* på 3,6 mg/l ved hårdhed på 100 mg/l CaCO<sub>3</sub> og 7,3 mg/l ved hårdhed på 200 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

I studiet af Reimer (1999) testes fem forskellige arter for akut giftighed og to arter (*D. magna* og *O. mykiss*) for kronisk giftighed ved tre forskellige vandhårdheder (25, 100 og 250 mg/l CaCO<sub>3</sub>). Forsøgene er velbeskrevne og betragtes som troværdige. Den kroniske dafnietest følger canadisk guideline for 21 dages reproduktionsstudie med invertebrater. Der er ikke rapporteret en NOEC værdi for *D. magna* ved vandhårdhed på 25 mg/l CaCO<sub>3</sub> da dødeligheden i kontrolgruppen var markant. Nedenstående figur er lavet fra testresultater for kroniske NOEC værdier for *O. mykiss* og *D. magna*. Hældningen for tendenslinierne er næsten ens, hvorved den relative giftighed falder med samme proportion over for faldende hårdhed i vandet.

### NOEC ved varierende vandhårdheder



Derved vurderes det at være hensigtsmæssigt, at vandkvalitetskriteriet for mangan tager hensyn til hårdheden af vandet.

Der findes kronisk data for alger, krebsdyr og fisk hvorved usikkerhedsfaktoren i henhold til TGD'en fastsættes til 10. Denne usikkerhedsfaktor er indbygget i nedenstående formel, som er udledt fra tendenslinien for *D. magna* i ovenstående figur.

$$\text{PNEC ferskvand } (\mu\text{g Mn/l}) = 2,47 \times \text{vandets hårdhed (mg/l CaCO}_3) + 113$$

Nedenstående tabel viser PNEC for mangan ( $\mu\text{g/l}$ ) ved forskellige vandhårdheder for ferskvand udregnet efter ovenstående formel baseret på *Daphnia* data.

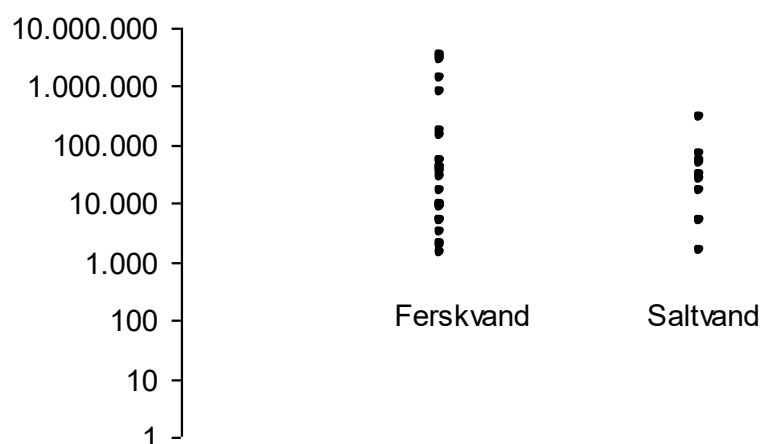
Vandhårdhed (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	14	25	50	100	200	300
PNEC ferskvand ( $\mu\text{g/l}$ )	150	175	240	360	610	850

Hårdhed af overfladevand i Danmark fremgår af nedenstående tabel (EU-RAR, 2007). Som det fremgår af tabellen er en PNEC på 150  $\mu\text{g/l}$  tilstrækkelig for ca. 90 % af de danske ferskvandsområder. Det anbefales at formlen anvendes til at beregne vandkvalitetskriteriet lokalt i områder med meget blødt vand. Ligeledes kan formlen anvendes til at forhøje vandkvalitetskriteriet i områder med hårdt vand.

Percentil	10	25	50	90
Hårdhed (mg CaCO <sub>3</sub> / l)	14	86	155	272

### VKK saltvand

Datasættene for akut giftighed for ferskvandsorganismer og saltvandsorganismer er sammenlignet i nedenstående tabel, hvor y-aksen viser LC<sub>50</sub> eller EC<sub>50</sub> værdier (logaritmisk skala). Som det ses af figuren, er der ikke grund til at antage, at der er forskel i akut giftighed mellem ferskvandsorganismer og saltvandsorganismer. Derfor puljes data.



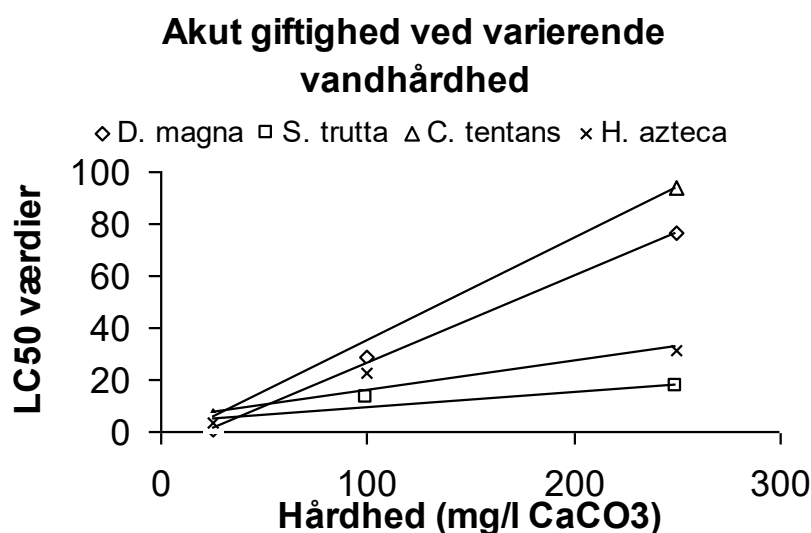
Der findes kroniske data for én saltvandsorganisme (*Nitzschia closterium*) og akutte data for marine alger, pighuder, krebsdyr og bløddyr. Vandets hårdhed er uden betydning for de marine organismer. Det vurderes derfor, at der allerede er indbygget en ekstra usikkerhedsfaktor, ved ekstrapolering af PNEC fra relativt blødt ferskvand til saltvand. Derfor anvendes ikke en ekstra faktor 10 for saltvand som beskrevet i EU's vejledning (EU, 2003). Herved bliver PNEC for saltvand 150 µg/l.

### VKK fødekædeeffekter

BCF er under 100 for fisk og BMF=1. Derved er der ikke behov for at udregne PNEC for fødekædeeffekter.

### Korttidsvandkvalitetskriterium

Korttidsvandkvalitetskriteriet (KVKK) udledes fra akutte giftighedsdata, der er påvirkelige af vandets hårdhed i endnu højere grad end kroniske data (Reimer, 1999). Således varierer EC<sub>50</sub> værdierne for *D. magna* fra 800 til 76.000 µg/l.



Fra ovenstående figur fremgår det, at LC<sub>50</sub> værdierne er forholdsvis ens i meget blødt vand (25 mg/l CaCO<sub>3</sub>) men at *S. trutta* er mest følsom i hårdere vand. Derfor udledes formlen for KVKK fra tendenslinien for *S. trutta*. Da antallet af akutte studier er relativt højt vurderes det, at en usikkerhedsfaktor på 10 er tilstrækkelig.

Skønt der er EC<sub>50</sub> værdier for 24 arter repræsenterende 8 højere systematiske grupper, anvendes en artsfølsomhedsmodel ikke, fordi data er stærkt variable og det vides at vandets hårdhed har en stor indflydelse på hårdheden hos flere arter. Der er ikke oplysninger nok til at normalisere effektkoncentrationerne i for-

hold til hårdhed for mere end et par arter. Derfor vælges at basere KVKK på data for den mest følsomme art.

$$\text{KVKK } (\mu\text{g Mn/l}) = 6,11 \times \text{vandets hårdhed (mg/l CaCO}_3\text{)} + 336$$

Nedenstående tabel viser KVKK for mangan ( $\mu\text{g/l}$ ) ved forskellige vandhårheder.

Vandhårdhed (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	14	25	50	100	200	300
KVKK ( $\mu\text{g/l}$ )	420	490	640	950	1560	2170

Et korttidsvandkvalitetskriterium på 420  $\mu\text{g/l}$  er tilstrækkeligt for ca. 90 % af de danske ferskvandsområder. Det anbefales at formlen anvendes til at beregne KVKK lokalt i områder med meget blødt vand. Ligeledes kan formlen anvendes til at forhøje KVKK i områder med hårdt vand.

Da de udledte værdier er tæt på den naturlige baggrundskoncentration fastsættes vandkvalitetskriterierne som tilføjede værdier (naturlig baggrundskoncentration  $\sim 150 \mu\text{g/l}$ ).

***VKK, ferskvand: 150  $\mu\text{g/l}$  tilføjet***

***VKK, saltvand: 150  $\mu\text{g/l}$  tilføjet***

***KVKK: 420  $\mu\text{g/l}$  tilføjet***

## Referencer

Borgmann, U., Couillard, Y., Doyle, P. & D.G. Dixon (2005). Toxicity of sixty-three metals and metalloids to *Hyalella azteca* at two levels of water hardness. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24(3): 641-652.

EU (2003). ECB Institute for Health and Consumer Protection. Technical Guidance Document (TGD) on Risk Assessment in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market. ECB Institute for Health and Consumer Protection. 2003.

EU-RAR (2007). EU risk assessment report. Cadmium oxide and cadmium metal. Part 1 - environment. [http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK\\_ASSESSMENT/REPORT/cdmetalreport303.pdf](http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/cdmetalreport303.pdf)

Foregs (2009). Geochemical Atlas of Europe. <http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/index.php>

IPCS (2004). Manganese and its compounds: Environmental aspects. Concise International Chemical Assessment Document 63.

<http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad63.htm#7.2>

IRIS (2009). Integrated Risk Information System. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?IRIS>

Kimball, G. (1978). The effect of lesser known metals and one organic to fathead minnows (*Pimephales promelas*) and *Daphnia magna*. Manuscript, Department of Entomology, Fisheries and Wildlife, University of Minnesota, Minneapolis.

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

Reimer, P.S. (1999). Environmental effects of Manganese and proposed freshwater guidelines to protect aquatic life in British Columbia.

<http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/manganese/index.html#TopOfPage>

Stubblefield, W.A., Brinkman, S.F., Davies, P.H., Garrison, T.D., Hockett, J.R. & M.W.

McIntyre (1997). Effects of water hardness on the toxicity of manganese to developing brown trout (*Salmo trutta*). Environmental Toxicology and Chemistry 16(10): 2082-2089.