

Vejledning om metalliske materialer til vandinstallationer

Frank Fortenay, Asbjørn Andersen og Kate Nielsen

Force Technology

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	4
1 INDLEDNING	5
2 ANVENDTE MATERIALER I BRUGSVANDS- INSTALLATIONER	6
3 KORROSION OG METALAFGIVELSE I BRUGSVANDSINSTALLATIONER	7
4 LOVKRAV VEDRØRENDE METALAFGIVELSE	10
5 NY VIDEN OM METALAFGIVELSE	11
6 MATERIALERNES EGENSKABER	12
6.1 RUSTFRI STÅLRØR	12
6.2 KOBBERØR	12
6.3 VARMFORZINKEDE STÅLRØR	13
6.4 PLASTRØR	15
6.5 KOBBERLEGERINGER (VENTILER, FITTINGS, VANDMÅLERE OG ARMATURER)	15
7 MATERIALEVALG I AFHÆNGIGHED AF VANDTYPE	19
7.1 EKSEMPEL 1: MATERIALEVALG I HÅRDT VAND.	20
7.1.1 Varmforzinket stål	20
7.1.2 Kobber	20
7.1.3 Rustfrit stål	20
7.1.4 Plast	21
7.2 EKSEMPEL 2: MATERIALEVALG I BLØDT VAND.	22
7.2.1 Varmforzinket stål	22
7.2.2 Kobber	22
7.2.3 Rustfrit stål	22
7.2.4 Plast	22
8 LITTERATURLISTE	23
Bilag A	25
Bilag B	27
Bilag C	29

Forord

Miljøstyrelsen har på opfordring af DANVA Vandforsyningskomité bevilliget projektmidler fra Vandfonden i oktober 2004 til udarbejdelse af nærværende rapport. Rapporten er en vejledning til udførende i VVS-branchen om materialevalg til brugsvandsinstallationer. Rapporten omsætter og formidler de omfattende forskningsresultater i Miljøprojekterne Nr. 603 2001 og 970 2004, som tidligere er udarbejdet af FORCE Technology.

Valg af egnede materialer må gøres ud fra nøje kendskab til lokalområdets vandkvalitet for at opnå holdbare vandinstallationer og en vandkvalitet ved tapstedet, som opfylder gældende bestemmelser. Vandværkerne ønsker at vejlede om materialevalg i eget område. Det er hensigten, at nærværende rapport kan danne grundlag for, at der af VVS-branchen udarbejdes en pjece om emnet.

Rapporten er udarbejdet af FORCE Technology.

Kate Nielsen, maj 2005

1 Indledning

Det er blevet en vanskelig opgave for kommuner, vandværker, rådgivende ingeniører, arkitekter og installatører at vælge materialer til brugsvandsinstallationer.

For at opnå en tilfredsstillende lang holdbarhed af installationen og sikre, at vandkvaliteten ved tapstedet overholder grænseværdier for indhold af metaller i vandet, skal der tages hensyn til materialernes korrosion og metalafgivelse. Derfor er det ikke tilstrækkeligt kun at vælge materialer ud fra installationstekniske hensyn.

Korrosion og metalafgivelse er i høj grad afhængig af den lokale vandkvalitet og sammenhængen er ikke altid simpel. Opgaven vanskeliggøres yderligere af, at det samme område i byerne ofte modtager forskellige vandtyper fra flere vandværker.

Der er i de senere år gennemført flere store undersøgelser af metalafgivelse fra metalliske materialer i forskellige vandtyper. Resultatet af undersøgelserne er beskrevet i 2 delrapporter [ref. 1 og 2]. Formålet med denne vejledning er at informere om denne viden og at vejlede i materialevalg med særlig fokus på metalafgivelse kombineret med gældende normer og erfaringer vedrørende korrosion i brugsvand.

De vigtigste egenskaber for plastrør gennemgås, men plastrør er ikke beskrevet i detaljer.

2 Anvendte materialer i brugsvandsinstallationer

I dag anvendes både metaller og plast til brugsvandsinstallationer. Metallerne har høj mekanisk styrke og god temperaturbestandighed. Metallerne har varierende kemisk bestandighed i brugsvand, hvilket kan føre til korrosion og metalafgivelse til vandet. Derimod har plast god kemisk bestandighed i brugsvand, men plast afgiver altid små mængder organisk stof til vandet. I forhold til metallerne har plast ringere mekanisk styrke og temperaturbestandighed. Tabel 1 viser almindelige anvendelser for de enkelte materialer.

Almindelige anvendelser for materialer i brugsvandsinstallationer	
Rustfrit stål	Rustfrit stål anvendes hovedsageligt til rør samlet med presfittings samt til varmevekslere og varmtvandsbeholdere.
Kobber	Kobber anvendes til rør samlet med loddefittings eller presfittings. Hanerør på bløddarmaturer er oftest også af kobber.
Varmforzinket stål	Varmforzinket stål anvendes næsten udelukkende til rør og tilhørende gevindfittings. For større dimensioner kan der forekomme afspærringsventiler af varmforsinket stål.
Kulstofstål ("sort stål")	Varmtvandsbeholdere med katodisk beskyttelse og/eller overfladebehandling.
Kobberlegeringer	Kobberlegeringerne anvendes i stor udstrækning til fittings og armaturer, således ventiler, vandmålere, fordelerrør og bløddarmaturer. Bemærk at fittings af kobberlegeringer, f.eks. afspærringsventiler, ofte udbydes i forniklede udgaver, ligesom bløddarmaturer næsten altid er forniklet og forkromet.
Almindelig messing	
Afzinkningsbestandig messing	
Rødgods	
Plast	Plast anvendes væsentligst til rør. Endvidere anvendes plast almindeligt til små delkomponenter i form af f.eks. pakninger og indsætter i f.eks. ventiler og bløddarmaturer. Kun ganske få fittings udføres helt i plast.
PEX	
PVC-C	

Tabel 1. Almindeligt anvendte materialer i brugsvandsinstallationer.

3 Korrosion og metalafgivelse i brugsvandsinstallationer

Når drikkevand transporteres fra vandværket og ud til forbrugeren, vil der ske kemiske reaktioner mellem det iltholdige brugsvand og rørmaterialerne. Korrosionen, der herved sker, resulterer i forskellige effekter. For de metalliske materialer kan korrosionsprocesserne forekomme jævnt eller som lokaliserede angreb på materialerne, og der vil opløses metal i vandet. Plast nedbrydes normalt ikke af brugsvand, men små mængder organisk stof vil transporteres ud i vandet, hvilket eventuelt kan give næring til vækst af mikroorganismer, hvis afgivelsen er tilstrækkelig stor.

Korrosion af de metalliske materialer foregår ved elektrokemiske processer på metaloverfladen. Der forløber to delprocesser, som eventuelt udspiller sig på hvert sit areal. Der dannes små elektriske kredsløb med samtidigt forløbende anodeprocesser, hvor der sker opløsning af metal (oxidation), og katodeprocesser, hvor der sker reduktion. Korrosion i drikkevand har oftest reduktion af ilt som forudsætning. Første trin bevirker, at metallet oxideres til metalioner. Metalionerne, der herved opløses i vandet, reagerer videre med andre kemiske forbindelser i vandet. På metaloverfladerne vil der herved udfældes faste stoffer i form af belægninger af mere eller mindre beskyttende art. Belægningernes kvalitet får stor indflydelse på den fortsatte korrosion og metalafgivelse.

De største metalindhold forekommer i vand, der har stået længe i små rør. Husinstallationerne kan derfor have stor betydning for drikkevandets indhold af metaller. Her indgår der normalt mange forskellige materialer, og vandet står ofte stille i rørene mange timer hver dag.

Brugsvand er iltholdigt vand med en vis hårdhed og et indhold af salte, der kan variere meget fra vandværk til vandværk. Indholdet af korrosionsfremmende salte og belægningsdannende stoffer er afgørende for, hvilke metalliske materialer, der kan anvendes. De vigtige parametre med indflydelse på korrosionshastigheden er vandets pH-værdi, ledningsevne, hårdhed og indhold af ilt, hydrogenkarbonat og neutralsalte som f.eks. natrium og klorid. Vandets indhold af organisk stof (NVOC) har også betydning.

Når metalliske materialer anvendes i kontakt med iltholdigt brugsvand, vil der altid opløses lidt metal til vandet. For passive materialer som rustfrit stål vil metalafgivelsen som regel være forsvindende lille, mens andre metaller vil kunne opløses i store mængder.

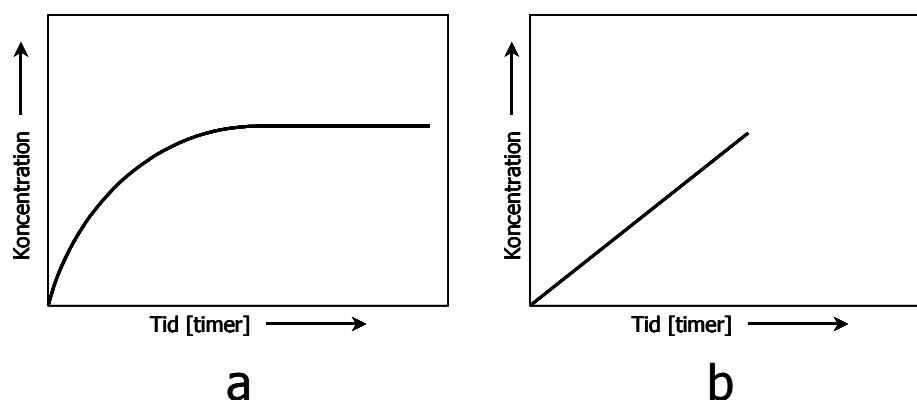
Metalafgivelsen bestemmes af en række faktorer, hvoraf de vigtigste er

- Henstandstid
- Vandkvalitet, **herunder skiftende vandtype**
- Materiale, **sammensætning, korrosionsegenskaber, overfladefinish**
- Konstruktion, **dimension, placering, andre metaller m.v.**

- Vandforbrug, eget og naboers forbrug (i etagebyggeri), aftapningsmønster
- Vandforbrug ved idriftsætning
- Temperatur
- Installationens alder

Metalindholdet i vandet vil stige med stigende henstandstid i rørene, hvilket er illustreret principielt i figur 1. I nogle tilfælde bliver vandet mættet med metalioner efter en vis henstandstid, figur 1 (a), hvilket sker, når metalindholdet i vandet bliver ret højt. I andre tilfælde vil metalkoncentrationen fortsætte med at stige, figur 1 (b), hvilket ses for metaller, der opløses i små mængder til vandet, så mætning ikke opnås.

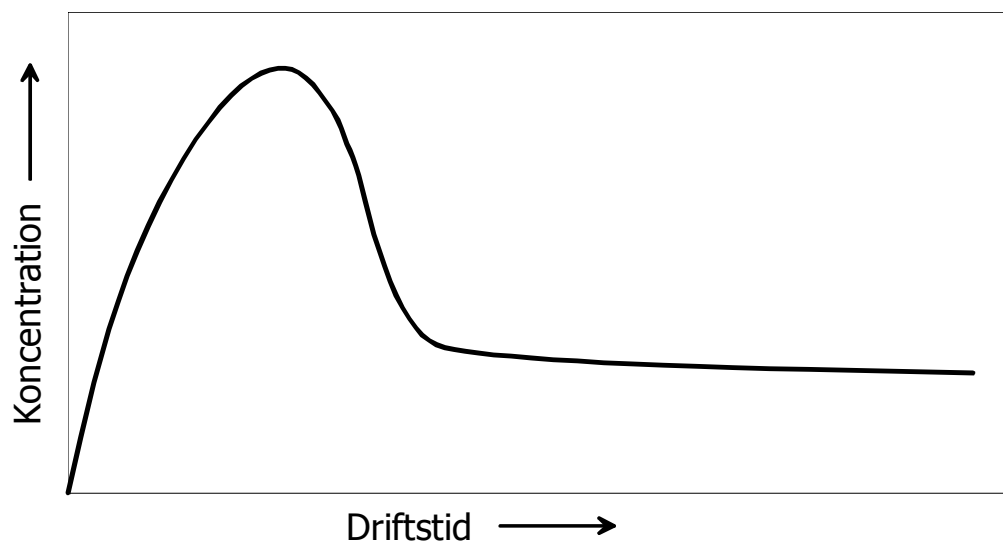
I installationer med lavt eller periodisk vandforbrug kan henstandstiderne blive meget lange, og dermed kan der være risiko for høje metalindhold i vandet.



Figur 1: Principskitse. Afgivelse af metal til brugsvand som funktion af tiden. a: Vandet bliver mættet med metal ioner efter en vis henstandstid. b: Metal indholdet fortsætter med at stige. Situation a ses typisk ved indhold i mg-området, mens situation b ses ved lave indhold i μg -området.

Når anlægget har været i brug i nogen tid, vil der som regel dannes belægninger på overfladen, og metalafgivelsen vil dermed falde. I figur 2 ses en grafisk afbildning, som principielt viser, hvorledes installationens alder har indflydelse på metalafgivelsen i henstandsprøver.

Det skal understreges, at metalafgivelsen godt kan være vedvarende høj, uden at det giver tæringsproblemer, idet jævn opløsning af metal fra overfladerne kun giver en meget lille reduktion af godstykkelsen.



Figur 2. Principiel indflydelse af driftstid på metalafgivelse ved given henstandstid. Afgivelsen stabiliserer sig, når der er dannet beskyttelseslag. Maximumdelen af kurven kan være fra 1 uge til halve år eller mere afhængig af anvendt legering, overfladetilstand og hvilket legeringselement, der analyseres for.

4 Lovkrav vedrørende metalafgivelse

Miljøministeriet har fastsat grænseværdier for indholdet af en række stoffer i vand til husholdningsbrug [ref. 3]. De væsentligste metalioner og grænseværdierne ved tapstedet er vist i tabel 2. Enkelte værdier er fastsat som akutte grænseværdier efter 12 timers henstand, hvilket kunne svare til det første vand, der tappes fra vandhanen om morgenen. De resterende grænseværdier er fastsat som et ugentligt gennemsnit i alt vand, der tappes fra vandhanen. Grænseværdierne er i de fleste tilfælde fastsat ud fra sundhedsmæssige hensyn, mens de i enkelte tilfælde er fastsat som en æstetisk grænseværdi ud fra vurdering af vandets smag, lugt eller udseende.

	Koncentration	Bemærkninger
Zink, Zn	5 mg/l	12 t henstand
	3 mg/l	Ugentligt gennemsnit
Kobber, Cu	2 mg/l	12 t henstand
Bly, Pb	10 µg/l	Ugentligt gennemsnit
Cadmium, Cd	5 µg/l	Ugentligt gennemsnit
Arsen, As	10 µg/l	Ugentligt gennemsnit
Krom, Cr	50 µg/l	Ugentligt gennemsnit
Nikkel	20 µg/l	Ugentligt gennemsnit

Tabel 2: Grænseværdier for metalindhold ved forbrugerens vandhane [ref. 3].

Hvis man ønsker at kontrollere, om indholdet af metaller i vandet fra en brugsvandsinstallation overholder de gældende grænseværdier, kræver det specialviden omkring prøveudtagning og vurdering af analyseresultater. I appendix 1 er givet en kort beskrivelse vedrørende udtagning og vurdering af vandprøver.

Enkelte metaller som arsen og nikkel kan findes i vandet fra vandværket.

5 Ny viden om metalafgivelse

På baggrund af flere omfattende undersøgelser af metalafgivelse i forskellige vandtyper er der i Danmark opnået megen ny viden om metalafgivelse fra de almindeligt anvendte rørmaterialer [ref. 1 og 2].

Generelt kan det siges, at afgivelsen for mange metaller er størst i de hårde vandtyper med højt indhold af hydrogenkarbonat og salte og dermed høj ledningsevne. Indholdet af organisk stof i vandet medvirker desuden til øget metalafgivelse, hvilket specielt har betydning for kobberafgivelse.

6 Materialernes egenskaber

6.1 Rustfri stålør

Der findes VA-godkendte brugsvandsrør af såkaldt syrefast rustfrit stål, der samles med presfittings af rustfrit stål eller af rødgoods. Rustfri stålør har været anvendt til brugsvandsinstallationer siden 1986, og der er konstateret meget få skader på rør og fittings.

Den gode holdbarhed skyldes, at rustfrit stål normalt vil være passivt og dermed korrodere meget langsomt i brugsvand. Levetiden kan normalt forventes at være 30-35 år og i mange tilfælde længere. Under særlige forhold kan der ske hurtig korrosion i form af spaltekorrosion i samlingerne. Det er ikke muligt at forudsige risikoen for spaltekorrosion ud fra en vandanalyse.

DS439 "Norm for vandinstallationer" angiver i vejledning for materialevalg, at rustfri stålør kun må anvendes, hvor vandets indhold af klorid er mindre end 150 mg pr. liter [ref. 4].

Der er siden 2004 udstedt VA-godkendelse på flere produkter, der herefter kan anvendes ved helt op til 250 mg klorid pr. liter, som er den gældende grænseværdi for klorid i drikkevand.

Presfittings af rødgoods giver øget bestandighed mod spaltekorrosion af rustfrit stål. Det sker ved langsom korrosion af rødgoods, der er lidt mindre ædelt end rustfrit stål i brugsvand. Gennemtæringer af rødgoodsfittings som følge af turbulenskorrosion kan ske på ledninger for varmt brugsvand med stadig cirkulation. Turbulenskorrosion kan forebygges ved dimensionering af rørsystemet, så for høje vandhastigheder i cirkulationssystemet undgås.

Metalafgivelsen fra rør og fittings af rustfrit stål er generelt meget lav, idet materialet normalt vil være passivt i brugsvand og dermed er overtrukket med et tyndt oxidlag, der hindrer både korrosion og metalafgivelse.

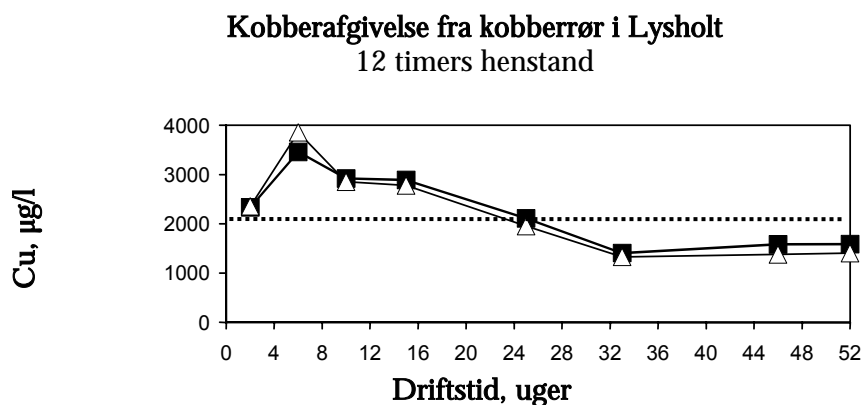
Presfittings af rødgoods vil afgive noget kobber til vandet, men da fittings kun udgør en lille del af den samlede installation, vil vandets kobberindhold ikke overskride den gældende grænseværdi. Kobberafgivelsen kan dog forårsage problemer med blandingsinstallationer (installationer med forskellige rørmaterialer), hvis dele af installationen er udført i varmforzinket stål, idet selv meget små indhold af kobber i vandet kan give hurtigt forløbende grubetæring af de varmforzinkede stålør. I sådanne blandingsinstallationer anbefales det derfor at anvende presfittings af rustfrit stål til samling af de rustfrie stålør.

6.2 Kobberrør

Kobberrør har meget god holdbarhed i alle vandtyper i Danmark, der overholder Miljøministeriets bekendtgørelse [3]. Der opstår et mindre antal skader som følge af turbulenskorrosion, der forårsages af kombinationen

mellem høj vandhastighed og den kemiske påvirkning af iltholdigt brugsvand. Skaderne ses kun i stadigt cirkulerende, varmt brugsvand og kan forebygges ved overholdelse af grænserne for vandhastighed i DS439 [4]. Hvis kobberrør anvendes rigtigt, vil installationerne få meget lange levetider, dvs. mindst 30 år og ofte væsentligt længere.

I de hårde vandtyper med højt indhold af hydrogenkarbonat, salte og organisk stof vil kobberafgivelsen fra nye kobberrør overstige grænseværdien på 2 mg/l ved 12 timers henstand. I figur 3 er vist et eksempel på kobberafgivelsen fra kobberrør i vand fra Lysholt, der er en middelhård vandtype med ca. 230 mg hydrogenkarbonat pr. liter. Efterhånden som der dannes belægninger på rørene vil kobberafgivelsen falde noget, og i Lysholt stabiliseres afgivelsen til ca. 1,5 mg/l. I vandtyper med mere end ca. 240 mg hydrogenkarbonat pr. liter vil kobberafgivelsen fortsat kunne overstige grænseværdien, og kobberindholdet i vand efter henstand natten over vil typisk være 2-4 mg/l. Det må på den baggrund frarådes at anvende kobberrør i de pågældende vandtyper.



Figur 3: Kobberafgivelse fra kobberrør i middelhårdt vand. Lysholt (2002). Punkterne viser enkeltbestemmelser. Der ses god overensstemmelse mellem kobberafgivelsen fra de to rør. Den stiplede linie angiver den gældende grænseværdi, der overholdes efter 24 uger. [ref. 2].

Tyske undersøgelser viser, at indvendigt forfinede kobberrør har passende lav kobberafgivelse i mere end 10 år. Materialet er dog sjældent anvendt i Danmark, og der er derfor meget begrænset erfaring med det.

6.3 Varmforzinkede stålrør

Varmforzinkede stålrør har været anvendt til brugsvandsinstallationer i mange år og ofte med lang levetid. I de seneste 5-10 år er der dog sket en række ændringer i opbygningen af installationer og i forbrugsmønstre. Disse ændringer har resulteret i ringere betingelser for de varmforsinkede stålrør. Rør af varmforsinket stål har i dag ofte meget kort holdbarhed, og det er ikke usædvanligt, at hele installationer må udskiftes efter mindre end 5 års drift. Dette sker i mange tilfælde, selvom alle gældende normer og vejledninger er overholdt.

I blødt vand med lavt indhold af hydrogenkarbonat vil rørene korrodere jævnt, og problemer med brunt vand og misfarvninger kan opstå meget hurtigt. Rørenes levetid vil sjældent være over 15-20 år.

I middelhårdt, velbehandlet vand kan opnås god holdbarhed, hvis indholdet af klorid og sulfat ikke er for højt.

I vand med højt indhold af hydrogenkarbonat, klorid og sulfat kan dannes beskyttende belægninger, som i bedste fald medvirker til en lang levetid. Ofte sker der dog meget hurtig korrosion i form af grubetæring, der giver gennemtæring efter 1-3 år. Det frarådes derfor at anvende materialet, når indholdet af hydrogenkarbonat er højere end 300 mg/l.

Når vandforbruget er lavt eller periodisk, er der meget ringe mulighed for dannelse af beskyttende belægninger, og det frarådes derfor altid at anvende varmforzinket stål som rørmateriale på plejehjem, institutioner, hoteller etc., hvor vandforbruget som regel er lavt og periodisk. Dette gælder uanset vandkvaliteten.

Når varmforzinket stål vælges som rørmateriale, er det særlig vigtigt at alle gældende normer og vejledninger overholdes. På større installationer bør der altid installeres elektrolyseanlæg på varmt brugsvand, og der skal sikres tilstrækkelig cirkulation.

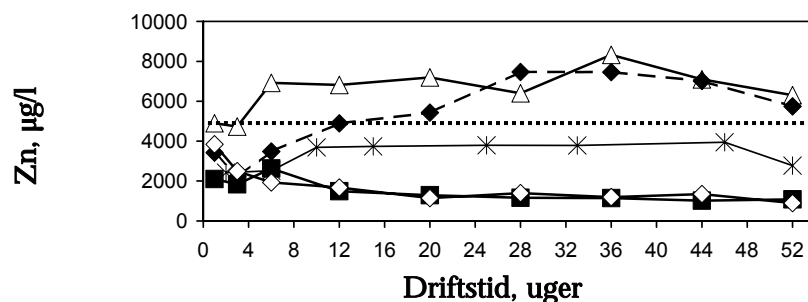
Endelig kan det anbefales at montere ionfælder i form af "grisehaler" ved overgangen fra varmforzinket stål til koblingsledninger af kobber eller til fordelerrør af messing eller rødgods. Det anbefales at minimere kobberafgivelsen til vandet ved så vidt muligt at undgå større dele af messing, rødgods og kobber. Kobberloddede varmevekslere og fjernvarmeunits med messing- eller rødgodsbestykning bør ikke anvendes, når rørmaterialet er varmforzinket stål.

Når varmforzinket stål anvendes korrekt og har optimale driftsbetingelser, vil levetiden normalt være omkring 30 år, men væsentlig længere levetider ses også.

Nye rør af varmforzinket stål vil afgive forholdsvis store mængder zink, men efterhånden som der dannes beskyttende belægninger i rørene, vil metalafgivelsen falde noget. I figur 4 er vist metalafgivelsen fra varmforzinkede stålrør i 4 forskellige vandtyper. Det ses, at grænseværdien for zink på 5 mg/l overskrides væsentligt i de hårde vandtyper, hvor den efter 1 års drift stadig ligger omkring 6 mg/l efter 12 timers henstand. I det middelhårde vand i Lysholt ligger zinkafgivelsen stabilt noget under grænseværdien, og i de bløde vandtyper ligger afgivelsen lavt. I de hårde vandtyper med over 300 mg hydrogenkarbonat pr. liter anbefales det at fravælge varmforzinket stål for at undgå problemer med grubetæring. Hvis denne anbefaling følges, vil zinkafgivelsen fra de varmforzinkede stålrør være passende lav.

Zinkafgivelse fra varmforzinkede stålrør 12 timers henstand

—◇— Astrup 85 mg/l HCO ₃	—◆— Birkerød-335 mg/l HCO ₃
—■— V. Gjesing-130 mg/l HCO ₃	—△— Regnemark-385 mg/l HCO ₃
—*— Lysholt-230 mg/l HCO ₃	



Figur 4: Zinkafgivelse efter 12 timers henstand fra rør af varmforzinket stål i afhængighed af driftstid. Den stiplede linie angiver den gældende grænseværdi, der overskrides i de hårde vandtyper. De viste målepunkter er gennemsnit af målinger på 2 emner. [ref. 2].

6.4 Plastrør

VA-godkendte plastrør er meget kemisk bestandige, og nedbrydes normalt ikke af brugsvand. Plastrør kan anvendes i samtlige vandtyper med meget lille risiko for skader. Der er endnu ret begrænset langtidserfaring med plastrørene, men levetider på mindst 30 år må forventes.

For at opnå VA-godkendelse gennemgår plastrør en godkendelsesprocedure; herunder prøvning for afgivelse af en række kemiske forbindelser. Denne prøvning sikrer, at der ikke afgives stoffer, der kan påvirke drikkevandets sundhedsmæssige kvalitet. Plastrør vil altid afgive små mængder af organisk stof i form af tilsatte additiver eller restmonomerer fra produktionen. Dette organiske stof kan give næring til mikroorganismer, der dermed kan få lidt bedre vækstbetingelser i plastrør end i metalrør.

6.5 Kobberlegeringer (**ventiler, fittings, vandmålere og armaturer**)

I moderne brugsvandsinstallationer anvendes en række vandmålere, afspærrings- og reguleringsventiler, fordelerrør og blandingsbatterier. Disse emner fremstilles næsten udelukkende af kobberlegeringerne almindelig messing, afzinkningsbestandig messing og rødgoods. Kobberlegeringer har traditionelt været anvendt til brugsvand og erfaringer gennem mange år viser, at de generelt har god korrosionsbestandighed. Imidlertid ses i dag situationer, hvor kobberlegeringer ikke har den ønskede levetid, og hvor korrosion og metalafgivelse giver gener. Derfor anbefales i dag emner med stor godstykkelse.

Korrosionsforløbet er stærkt afhængig af valgt rørmateriale, vandkvalitet, anvendt kobberlegering og geometri af konstruktionen.

En oversigt over lejlighedsvis forekommende korrosionsformer i kobberlegeringer i brugsvand ses i tabel 3. Hver legering har sine fordele og ulemper.

Legering	Forekommende korrosionsformer	Metalafgivelse, væsentlige elementer
Almindelig messing	Afzinkning Spændingskorrosion (Turbulenskorrosion *)	(Zink, kobber, bly)
Afzinkningsbestandig messing	Spændingskorrosion Interkrystallinsk korrosion (Turbulenskorrosion *)	Kobber, bly
Rødgods	Generel korrosion (langsom) Turbulenskorrosion*	Kobber, nikkel, (bly)

Tabel 3: Oversigt over korrosionsformer og metalafgivelse for kobberlegeringer.

* Kun i stadigt strømmende varmt brugsvand

Nævnte korrosionsformer vil fremmes, hvis emnet sidder i kontakt med et ædlere materiale (rustfrit stål) og vil blive undertrykt, hvis emnet sidder i kontakt med et mindre ædelt metal (varmforzinket stål). Effekten er større, jo højere ledningsevnen i vandet er, og den gør sig højst gældende 1 – 2 rørdiameter ind i emnet. Det er de hårde, saltholdige vandtyper, som har størst ledningsevne. Der må være parathed til kortere levetid af kobberlegeringer i installationer af rustfrit stål, her er udskiftelighed meget væsentlig for god installationspraksis.

Hurtige angreb og utætheder i form af afzinkning af almindelig messing ses i dag i Danmark meget sjældent; dels er vore vandtyper ikke særlig fremmende for denne korrosionsform, dels er almindelig messing i vid udstrækning skiftet ud med de mere bestandige legeringer afzinkningsbestandig messing og rødgods. Angreb ses som regel kun ved almindelig messings kontakt til ædlere metaller (rustfrit stål, kobber og rødgods). De særlig angribende vandtyper er blødt vand med højt kloridindhold og hårdt saltholdigt vand.

De værste korrosionsskader på kobberlegeringer med store vandskader til følge ses på ventiler af messing og afzinkningsbestandig messing i form af spændingskorrosion, der forårsages af et kemisk angreb fra vandet i kombination med mekaniske trækspændinger. Særligt udsat er emner med meget ringe godstykkele; specielt hvis de tilspændes hårdt. Det er derfor væsentligt, at den udførende ikke overspænder messingdelene. Angreb kan også ske fra ydersiden af koldtvarsinstallationer, hvor den kemiske påvirkning består af kondensvand og ammoniakforurening. Rødgods kan ikke korrodere ved spændingskorrosion.

Interkrystallinsk korrosion af afzinkningsbestandig messing medfører udbredte angreb, der oftest er overfladiske, men som kan få materialet til at smuldre med hastigheder på op til 0,1 mm/år. Angrebene fremmer risiko for spændingskorrosion. Risikoen for disse korrosionsskader er forøget, når messing monteres i installationer af rustfrit stål.

Overfladiske korrosionsangreb i ventiler kan endvidere give gener i form af fastsidning af bevægelige dele. Regulerings- og kontraventiler, som indsnævrer og ændrer vandstrømmens retning lokalt, vil kunne korrodere ved turbulenskorrosion i cirkulerende varmt vand, særlig ved kontakt til rustfrit stål. Rødgods er mest modtageligt. Afzinkningsbestandig messing og almindelig messing er mindre modtageligt.

Blandingsbatterier fremstilles som regel af fornicket og forkromet messing, og der ses sjældent korrosionsskader.

Ventiler, vandmålere, fittings, fordelerrør etc. udgør en forholdsvis lille andel af installationen, og metalafgivelsen fra disse emner er derfor mindre kritisk end for rørmaterialerne. Kobberafgivelsen fra f.eks. fordelerrør af rødgoods og afzinkningsbestandig messing kan dog give korrosionsproblemer i form af grubetæring af varmforzinkede stålrør.

For at opnå et dekorativt, blankt udseende, overfladebehandles messingarmaturer ofte ved fornicking og forkromning. Det er hovedsagelig den udvendige side, der belægges, men af produktionstekniske årsager får indersiden også en tynd belægning på noget af overfladen. Dette kan resultere i meget høje nikkellindhold i det første vand, der aftappes af forniklede blandingsbatterier efter henstand.

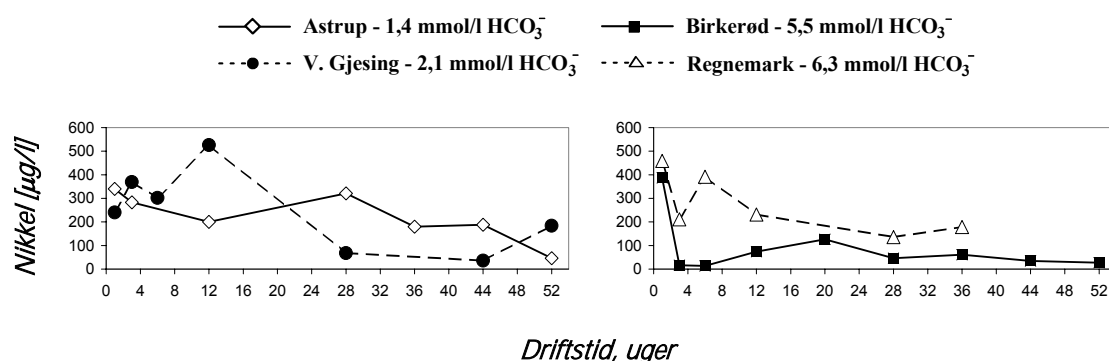
I figur 5 er vist et eksempel på nikkelfrigivelsen fra blandingsbatterier af fornicket og forkromet messing. Der ses en forholdsvis høj nikkelfrigivelse, som tilsyneladende ikke afhænger i væsentlig grad af vandkvaliteten i modsætning til de andre metaller. For nye blandingsbatterier kan ses en nikkelfrigivelse på 250-500 µg/l, og efter ½-1 års driftstid er nikkellindholdet efter 12 timers henstand i nogle tilfælde faldet til et lavt niveau, mens der i andre tilfælde er værdier på 200-300 µg/l. I figur 6 er vist nikkelfrigivelsen fra blandingsbatterier i København med en alder på 1-7 år. Det ses, at afgivelsen efter 4 års drift i nogle tilfælde stadig er høj, op til ca. 80 µg/l i den første kop vand, der tappes om morgenen.

Grænseværdien for nikkel er i Miljøministeriets bekendtgørelse opgivet som et gennemsnit på 20 µg/l, mens de viste værdier er målt efter 12 timers henstand. For nikkel er det vigtigt, at indholdet i drikkevandet er tilstrækkeligt lavt til at sikre nikkelallergikere mod akutte effekter. Miljøstyrelsens vurdering er, at dette er opfyldt, hvis den første liter vand, der tappes om morgenen, har et nikkellindhold på højst 60 µg/l. Af figur 5 og 6 fremgår det, at denne grænse for nye vandhaner ofte vil overskrides for det første vand, der tappes fra vandhanen efter 12 timers henstand. Se i øvrigt appendix 1 for beskrivelse af prøvetagning og vurdering af resultater.

For at undgå at indtage vand med højt nikkellindhold, kan det anbefales at lade vandet løbe i 2-3 sekunder (ca. ½ liter), før der tages vand til drikke og madlavning. Herved undgår man at drikke det meget nikkelholdige vand, der har stået i blandingsbatteri, hanerør og afspærringsventil ved vasken. Det første vand kan bruges til tandbørstning, blomstervanding eller andet, så man undgår unødigt vandspild.

Nikkelafgivelse fra blandingsbatterier

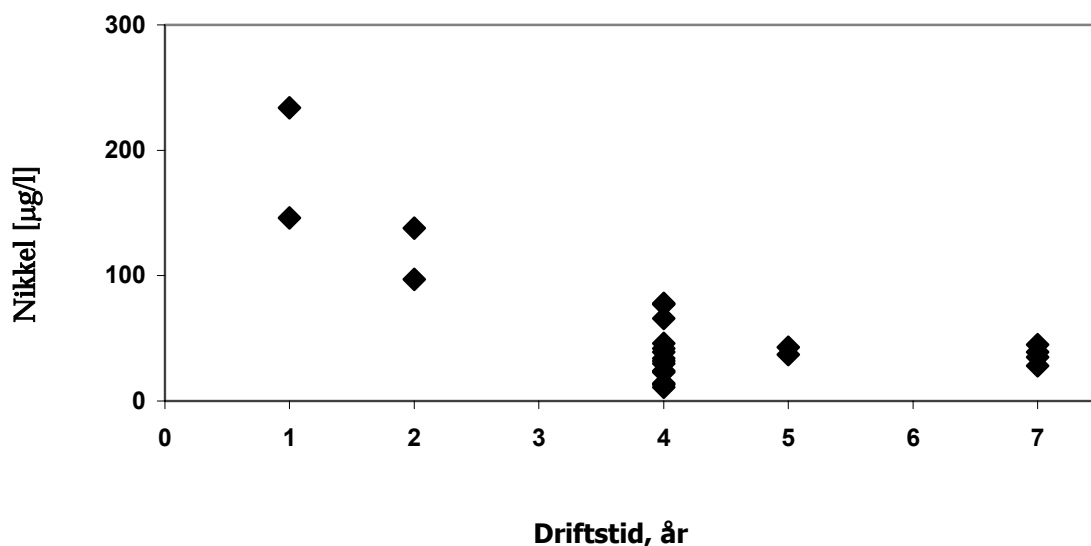
12 timers henstand



Figur 5: Nikkelafgivelse efter 12 timers henstand fra 2-grebs blandingsbatterier af forniklet og forkromet messing i afhængighed af driftstid. De viste målepunkter er gennemsnit af målinger på 2 emner. [ref. 1].

Nikkelafgivelse fra blandingsbatterier

Henstand natten over



Figur 6: Nikkelafgivelse fra blandingsbatterier med forskellig alder. Målt i den første kop vand, der tappes efter henstand natten over.

Ved vurdering af nikkelfrigivelsen i brugsvandsinstallationer skal det tages i betragtning, at nogle danske vandtyper er nikkelholdige, dvs. der er et ikke ubetydeligt nikkelindhold i vandet fra vandværket, som skal lægges til det nikkel, der afgives fra installationen.

Der foregår i øjeblikket udviklingsarbejde med henblik på at fremstille blandingsbatterier med mindre metalafgivelse, og det må forventes, at der kommer nye produkter på markedet i de kommende år.

Tin-nikkel, en slidstærk og korrosionsbestandig belægning, bruges i enkelte produkter til korrosionsforebyggelse. Nikkelafgivelsen fra denne belægning er væsentlig reduceret i forhold til en almindelig fornikling.

7 Materialevalg i afhængighed af vandtype

Når der skal vælges rørmaterialer til brugsvandsinstallationer, er det vigtigt at kende vandkvaliteten i området. I nogle kommuner leveres vandet fra forskellige vandværker, og sammensætningen kan derfor variere noget i løbet af døgnet og året. Oplysninger om vandkvaliteten og vandanalyser skal stilles til rådighed for forbrugerne. De kan findes hos kommunens tekniske forvaltning eller vandværket. I mange tilfælde kan vandanalyserne findes via kommunens eller vandværkets hjemmeside.

I tabel 4 er angivet anvendelsesgrænser for de metalliske materialer som funktion af indholdet af væsentlige stoffer i vandet, når der både skal tages hensyn til metalafgivelse og korrosion. Det fremgår, at de eneste rørmaterialer, som med den nuværende viden kan anvendes i alle danske vandtyper er plast og visse fabrikater af rustfrit stål.

Det ses, at materialerne varmforzinket stål og kobber vil få meget mindre udbredelse i fremtiden og blive afløst af rustfrit stål og plast. Plastrørene korroderer ikke, men afgiver lidt organisk stof til vandet, hvilket giver øget mulighed for vækst af mikroorganismer i vandet. Da drikkevandet i Danmark normalt ikke tilsættes desinficerende stoffer, er det meget vigtigt, at driftsforholdene (temperatur, dimensionering) minimerer risikoen for vækst af mikroorganismer.

Materiale	Krav til vandkemi	Andre krav
Varmforzinket stål	100mg/l < [HCO ₃ ⁻] < 300mg/l ([Cl ⁻] + 2[SO ₄ ²⁻])/[HCO ₃ ⁻] < 1 ¹⁾ [Ca ²⁺] > 20mg/l pH > 7	Elektrolyse på anlæg for varmt brugsvand. Materialet er uegnet når vandforbruget er lavt.
Kobber	100mg/l < [HCO ₃ ⁻] < 240mg/l 7,5 < pH < 9	Krav til vandhastighed, se DS 439.
Fortinnet kobber	7,5 < pH < 9	Krav til vandhastighed som for kobberrør
Rustfrit stål med fittings af rustfrit stål	[Cl ⁻] < 150mg/l (250 mg/l) ²⁾	Ikke-udskiftelige rør for varmt brugsvand beskyttes mod udvendig fugt.
Rustfrit stål med fittings af rødgods	[Cl ⁻] < 250mg/l ³⁾	Ikke-udskiftelige rør for varmt brugsvand beskyttes mod udvendig fugt. Bør ikke kombineres med varmforzinket stål.
PEX, PEX-aluminium, PVC-C	Ingen krav	

¹⁾ Koncentrationen angives i mmol/l. Se appendix 3 for vejledning i beregninger.

²⁾ Enkelte fabrikater er godkendt op til 250 mg/l, som er grænseværdien for klorid i drikkevand.

³⁾ Det anbefales at kontakte leverandøren for vurdering af holdbarheden i et givent område.

Tabel 4: Rørmaterialer til brugsvandsinstallationer, krav til vandkvalitet.

7.1 Eksempel 1: Materialevalg i hårdt vand.

Under projektering af et 3-etagers boligbyggeri på Frederiksberg skal det besluttes, hvilke rørmaterialer der skal anvendes til brugsvandsinstallationen. Der er tale om 3- og 4-værelses familieboliger.

Ved henvendelse til kommunen har man fået oplyst, at ca. 2/3 af vandet kommer fra Københavns Energi, og at den resterende del leveres fra Frederiksberg Forsyning.

I nedenstående tabel er vist uddrag af vandanalyser fra Frederiksberg Forsyning (februar 2003) og Københavns Energi (august 2002).

	Københavns Energi	Frederiksberg Forsyning
Sulfat (SO_4^{2-}), mg/l	81	173
Klorid (Cl), mg/l	70	160
Hydrogenkarbonat (HCO_3^-), mg/l	347	410
Total hårdhed, °dH	20,6	34,1
pH-værdi	7,5	7,25

Tabel 5: Vandanalyser for vand fra Frederiksberg Forsyning og Københavns Energi, væsentlige parametre. For Københavns Energi angives værdier for gennemsnit af udtagne vandprøver på ledningsnettet, da vandet leveres fra 7 forskellige vandværker.

Ved anvendelse af tabel 4 for de tilgængelige rørmaterialer får man følgende vurdering:

7.1.1 Varmforzinket stål

Beregnes forholdet $(2[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{Cl}^-]) / [\text{HCO}_3^-]$, fås for vandet fra Frederiksberg 1,2. Varmforzinket stål er således uegnet som rørmateriale iflg. DS 439, da en væsentlig del af vandet kommer fra Frederiksberg. I vandet fra Københavns Energi må varmforzinket stål gerne anvendes iflg. DS 439, men det udgør kun en del af vandet til installationen.

Materialet må anses for uegnet i de aktuelle vandtyper, idet der er meget høj risiko for korrosion i form af grubetæring. Selv hvis alt vandet til installationen blev leveret fra Københavns Energi, ville man fraråde brug af varmforzinket stål, da indholdet af hydrogenkarbonat overstiger 300 mg/l, hvilket giver forøget risiko for grubetæring og høj zinkafgivelse.

7.1.2 Kobber

Kobberrør må gerne anvendes ifølge de gældende vejledninger, og korrosionsmæssigt er der heller intet til hinder for at anvende kobberrør. I de meget hårde vandtyper med højt indhold af hydrogenkarbonat er kobberrør dog ikke velegnede, da kobberafgivelsen selv efter mange års drift vil overskride de gældende grænseværdier. Indholdet af hydrogenkarbonat overstiger langt de 240 mg/l, som angiver den vejledende grænseværdi for anvendelse af kobberrør.

7.1.3 Rustfrit stål

Rustfri stålør må ikke anvendes ved kloridindhold højere end 150 mg/l ifølge DS439, men der er nu VA-godkendt enkelte fabrikater, som kan anvendes ved

helt op til 250 mg/l, der er Miljøministeriets grænse for klorid i drikkevand. Hvis rustfrit stål vælges som rørmateriale, bør der vælges et af disse fabrikater, og risikoen for korrosionsskader vil da være meget ringe.

7.1.4 Plast

VA-godkendte plastrør er godkendt til anvendelse i alle vandtyper, og der kan forventes en lang holdbarhed af installationerne.

7.2 Eksempel 2: Materialevalg i blødt vand.

Ved bygning af et hotel i Struer skal der vælges rørmaterialer. I nedenstående tabel er vist uddrag af vandanalyse fra Struer Vandværk.

	Struer Vandværk
Sulfat, mg/l	14
Klorid, mg/l	21
Hydrogenkarbonat, mg/l	4
Total hårdhed, °dH	7,8
pH-værdi	8,0

Tabel 6: Vandanalyser for vand fra Struer Vandværk, væsentlige parametre.

Ved anvendelse af tabel 4 for de tilgængelige rørmaterialer får man følgende vurdering.

7.2.1 Varmforzinket stål

Varmforzinket stål er ikke egnet, da der er tale om blødt vand med et indhold af hydrogenkarbonat, der er meget mindre end 100 mg/l.

Beregnes forholdet $(2[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{Cl}^-]) / [\text{HCO}_3^-]$, fås for vandet fra Struer 13,5. Varmforzinket stål er således uegnet som rørmateriale iflg. DS439.

I blødt vand vil der ske generel korrosion af rørene, og der vil ofte opstå problemer med misfarvning af vandet som følge af korrosionen. Levetiden vil sjældent være over 15-20 år. Da der endvidere er tale om et hotel med varierende og i perioder meget lavt vandforbrug, er varmforsinket stål uegnet uanset vandkvaliteten.

7.2.2 Kobber

Kobberrør er ikke egnede, da der er tale om blødt vand med et indhold af hydrogenkarbonat, der er meget mindre end 100 mg/l.

7.2.3 Rustfrit stål

VA-godkendte rustfrie stålrør må anvendes iflg. DS 439, da kloridindholdet er lavere 150 mg/l. Materialet vil være velegnet, og der kan forventes en lang levetid af installationerne.

7.2.4 Plast

VA-godkendte plastrør er godkendt til anvendelse i alle vandtyper, og der kan forventes en lang holdbarhed af installationerne.

8 Litteraturliste

1. Miljøprojekt 603 2001, K. Nielsen, Metalafgivelse til drikkevand, rig-tests af materialer til husinstallationer, Miljøstyrelsen 2001.
2. Miljøprojekt 970 2004, K. Nielsen, A. Andersen og F. Fontenay, Metalafgivelse til drikkevand del 2, videreførelse af rig-tests af materialer til husinstallationer, Miljøstyrelsen 2004.
3. Miljøministeriets Bekendtgørelse nr. 871 af 16. oktober 2001.
4. DS 439, "Norm for vandinstallationer", 3. udgave, Dansk Standard, 2000.

Bedømmelse af metalafgivelse i eksisterende husinstallationer

Grænseværdierne for metaller i drikkevand ved aftapning fra forbrugernes vandhane er fastsat ud fra sundhedsmæssige eller æstetiske hensyn (smag, lugt og udseende).

For nogle metaller er grænseværdierne angivet som maks. Metalindhold, efter at vandet har henstået 12 timer i installationen, mens andre grænseværdier er opgivet som ugentlig gennemsnitligt indhold af metal i drikkevand.

For vurdering af, om metalindholdet overholder grænseværdierne i en given installation, anbefales det at udtage vandprøver på følgende måde.

- En prøve udtages, efter at installationen har gennemgået en grundig udskylning. Dette vand repræsenterer det indkommende vand fra vandværket.
- En prøve udtages, efter at vandet har stået i installationen natten eller dagen over i en tidsperiode så tæt på 12 timer som muligt. I perioden må hverken anvendes vand til aftapning, skyl i toiletter eller andet.
- Prøvens størrelse (volumen) vurderes i forhold til, hvor stor en vandmængde der kan være i forbrugers installation. Det bør tilstræbes at udtage 1 liter vandprøve, men der skal ikke udtages prøver, som er større end den vandmængde, der er i forbrugers egen installation, hvis vandet uden for boligen ikke har stået i 12 timer (f.eks. stigstreng i lejligheder).

Analyseresultaterne kan sammenlignes direkte med grænseværdier, der er fastsat som metalindhold efter 12 timers henstand.

Hvor grænseværdierne er fastsat som et gennemsnitligt indhold, må der foretages en individuel vurdering.

For metallerne bly, cadmium og krom, som hidrører fra installationerne, er det Miljøstyrelsens vurdering, at det ikke vil føre til akutte problemer, hvis indholdet efter 12 timers henstand er under 5 gange så højt som de fastsatte krav til gennemsnitligt metalindhold.

Grænseværdien for nikkel i Miljøministeriets bekendtgørelse er opgivet som et gennemsnit på 20 µg/l. For nikkel er det vigtigt, at indholdet i drikkevandet er tilstrækkeligt lavt til at sikre nikkelallergikere mod akutte effekter. Miljøstyrelsens vurdering er, at dette er opfyldt, hvis den første liter vand, der

tappes om morgenen, har et nikkellindhold på højst 60 µg/l. Da hovedparten af vandets nikkellindhold efter henstand stammer fra forniklede blandingsbatterier og armaturer, kan det anbefales, at lade vandet løbe i 2-3 sekunder (ca. ½ liter), før der tages vand til drikke og madlavning.

Det kan i øvrigt nævnes, at det for stofferne antimon, arsen, cadmium og krom har vist sig, at afgivelsen kun yderst sjældent overskrider grænseværdierne for gennemsnitligt indhold, selv efter 12 timers henstand.

Et vandværks prøvning af materialers egnethed til brugsvandsinstallationer

Rørmaterialerne varmforzinket stål og kobber afgiver for meget metal (henholdsvis zink og kobber) til drikkevandet i de hårde og saltholdige vandtyper, som findes på Sjælland og Øerne. Derfor vil vi i fremtiden se, at materialerne rustfrit stål og plast her vil blive brugt i langt større udstrækning end tidligere.

Metalfgivelsen er tilstrækkelig lav fra varmforzinket stål og kobber i korrekt behandlede blødtvandsområder, og nye undersøgelser indikerer, at f.eks. Østjylland ligger på grænsen for, om man kan anvende materialerne. De nyeste målinger fra TRE-FOR værket Lysholt viser, at her kan de to traditionelle materialer anvendes.

En del vandforsyninger kunne have interesse i at vide, om varmforzinket stål og kobber i fremtiden er brugbare materialer i leveringsområdet. Man kunne også have interesse i at afprøve enkelte helt nye relevante materialer (evt. i samarbejde med fabrikanten).

Prøvning på værket:

For at prøve materialernes egnethed i et forsyningsområde, kan der gennemføres et forsøgsprogram af varighed ca. et år, hvor et eller flere af de følgende materialer undersøges:

Rørmaterialer:

Traditionelle: Varmforzinkede stålrør

Kobberrør

(Rustfrit stål)

Ny, evt. Fortinnet kobber

Rustfrit stål samlet med rødgodsfittings

Kobberlegeringer (materialer til ventiler og fittings):

Traditionelle: Alm. messing

Afzinkningsbestandig messing

Rødgod

Andre nyudviklede materialer eller specielle produkter, f.eks.:

Kobberlegeringer med overfladebelægninger

Blandingsbatterier med lav nikkelf afgivelse

Målinger kan foretages ved opstilling af en test-rig på et vandværk. Riggeren kører med simuleret vandforbrug, og der udtages vand til analyse efter

passende tidsintervaller. Der analyseres for metallerne Cu, Zn, Pb og Ni eller andre metaller efter behov, idet der udvælges et passende analyseprogram.

EN-standarder for prøvning af materialer til drikkevand for metalafgivelse er under udarbejdelse og forventes at foreligge i løbet af nogle år.

Omregning fra mg/l til mmol/l

$$\text{Klorid} \quad : \quad \text{Cl}^- [\text{mmol/l}] = \frac{\text{Cl}^- [\text{mg/l}]}{35,45 [\text{mg/mmol}]}$$

$$\text{Sulfat} \quad : \quad \text{SO}_4^{2-} [\text{mmol/l}] = \frac{\text{SO}_4^{2-} [\text{mg/l}]}{96,06 [\text{mg/mmol}]}$$

$$\text{Hydrogenkarbonat} : \quad \text{HCO}_3^{2-} [\text{mmol/l}] = \frac{\text{HCO}_3^{2-} [\text{mg/l}]}{61,02 [\text{mg/mmol}]}$$