

KRAVSPECIFIKATION



VANDFORSYNING

KRAVSPECIFIKATION FOR ANVENDELSE AF KOBBERLEGERINGER

| Revision | Revisionsdato | Emne (ændring) |
|----------|---------------|------------------|
| 0 | 17.02.2020 | Første udgivelse |

Resumé

Dette dokument har som formål at beskrive kobber og kobberlegeringer, som anvendes i kontakt med drikkevand, og at definere retningslinjer for anvendelse af disse metaller i HOFOR, med fokus på at minimere følgende risici:

- Korrosion af komponenter fremstillet af kobberlegeringer.
- Afsmitning af metaller og andre kemiske stoffer fra kobberlegeringer til drikkevand

Konklusionen fra nærværende dokument er, at kobberlegeringer i kontakt med drikkevand, herunder også blødgjort vand, vand tilsat CO₂ og ionbyttet vand, skal være af de typer, som fremgår af Bilag 1. Kobberlegeringer må aldrig anvendes i kontakt med koncentreret natriumhydroxid (NaOH), som tilgår vandbanen. Godkendte kobberlegeringer, som fremgår af Bilag 1, skal ikke ansøges HOFORs materialeudvalg.

Kobberlegeringer må kun anvendes til fx pumpedele, ventiler og fittings, hvorved det samlede overfladeareal af disse komponenter kun udgør en lille andel af den samlede installation.

Herudover gælder følgende retningslinjer:

- Rustfrit stål skal så vidt muligt anvendes frem for kobberlegeringer.
- Hvis kobberlegeringer anvendes i kontakt med rustfrit stål eller andre "ædlere" metaller, skal der tages hensyn til risikoen for galvanisk korrosion (se afsnit herom). I tvivlstilfælde skal Materialeudvalget kontaktes.
- Bronze- og rødgoods-legeringerne foretrækkes generelt frem for messing.
- Der skal anvendes blyfri legeringer (se Bilag 1: Godkendte kobberlegeringer).

Hvis der anvendes en legering, som ikke fremgår af Bilag 1, skal der sendes ansøgning til HOFORs Materialeudvalg for vand. I tilfælde af andre anvendelser end de ovenfor nævnte i forbindelse med drikkevand skal HOFORs Materialeudvalg for vand ligeledes ansøges. Dette gælder også ved anvendelse af forniklede og forkromede dele eller andre former for coating.

Teknisk rent kobber

Kobber (Cu) er grundstof nr. 29 i det periodiske system, og er et forholdsvis blødt, rødligt metal, som er hovedelement i en stor gruppe materialer. Forbruget af kobber er det tredjestørste på verdensplan inden for metallerne, kun overgået af jern og aluminium.

Teknisk rent kobber fremstilles i to forskellige hovedtyper:

1. Oxygenholdigt elektrolytkobber med mindst 99,9% kobber og en smule oxygen/ilt som forurening.
2. Deoxyderet raffinaderikobber som næsten er fri for oxygen/ilt, men som indeholder en smule fosfor som forurening.

Den oxygenholdige type har den bedste ledningsevne, og anvendes derfor til elektriske kabler og elektronik, mens den deoxyderede type anvendes til alle andre formål.

Kobber kan både varm- og kolddeformeres med tilhørende øgning af styrken og hårdheden, men med en reduktion af duktiliteten. Der findes således kobbermaterialer med forskellige hårdhedsgrader, der fx betegnes som blød, ½ hård og hård.

Kobber har tidligere været det foretrukne materiale til rør og fittings i brugsvandsinstallationer, men er efterhånden blevet fortrængt af plast og rustfrit stål. Dette skyldes bl.a. tilfælde med meget stor afsmitning af kobber til drikkevandet i nye installationer [1].

Af samme årsag er brugen af kobberrør hverken godkendt til drikkevand ifølge den danske GDV-ordning (Godkendt til DrikkeVand [2]) eller iht. retningslinjerne fra "4MS Common Approach" [3]. Kobberlegeringer må dog fortsat anvendes til små komponenter, fx pumpelede, ventiler og fittings, da overfladearealet for disse komponenter kun vil udgøre en lille andel af den samlede installation.

HOFOR anvender pt. et lille kobberdoseringsanlæg til optimering af vandbehandlingen på Espevang Vandværk. Anlægget består af en kobberelektrode og en strømkasse, hvor der tilsættes meget små mængder kobber (max. 1 µg/l) til iltningsskammeret før sandfiltrene. Formålet med kobberdoseringen er optimering af nitrifikationsprocessen i sandfiltrene, for at opnå en tilstrækkelig ammonium omsættelse uden ammonium- og nitritoverskridelser i drikkevandet.

Elektrodematerialet er rent kobber af typen CW004A også betegnet Cu-ETP eller E-Cu. Næsten alt det tilsatte kobber er udnyttet af bakterierne i sandfiltrene, så kobberet kan typisk ikke detekteres i drikkevandet. Dette kobberdoseringsanlæg er godkendt af HOFORs Materialeudvalg for vand og må anvendes efter de vilkår, som er beskrevet i Materialeudvalgets godkendelse i Workzone sag 51.01-02957.

Der skal sendes ansøgning til HOFORs Materialeudvalg for vand ved brug af teknisk rent kobber til andre anvendelser end kobberdosering i forbindelse med drikkevand.

Kobberlegeringer

Kobber har mange udmærkede egenskaber, men lav styrke, dårlig støbbarhed og bearbejdelighed ved spåntagning gør brugsområdet begrænset.

Ved legering med især zink og tin åbnes der for et bredt spektrum af muligheder. Legeringerne opdeles som følger:

- **Messing**, hvor hovedbestanddelen foruden kobber er zink (Zn). Messing udgør den største materialegruppe og omfatter både smede- og støbelegeringer, hvor zinkindholdet typisk er 10-40%. Tilsætning af zink reducerer prisen på en komponent, da zink er meget billigere end kobber. Herudover øger zink styrken og støbbarheden, men nedsætter duktiliteten. Korrosionsbestandigheden falder også med stigende zink-indhold.
- **Bronze** eller tinbronze, hvor hovedbestanddelen foruden kobber er tin (Sn). Dette er typisk støbelegeringer, hvor tinindholdet er 5-10%. Tilsætning af tin øger bl.a. hårdheden og slidbestandigheden. Herudover forbedres korrosionsbestandigheden. Der findes andre legeringer med betegnelsen bronze, fx aluminiumbronze, nikkelbronze, siliciumbronze og berylliumbronze. Hvis et materiale kun betegnes som "bronze", vil det altid være tinbronze, som er den oprindelige/ægte bronze.
- **Rødgods** eller rødmetal, hvor der foruden kobber typisk indgår både zink (Zn) og tin (Sn). Dette er typisk støbelegeringer med op til 10% tin og 10% zink. Disse legeringer er lette at bearbejde og meget korrosionsbestandige. Ved tilsætning af bly opnås meget gode glideegenskaber, og rødgods anvendes derfor ofte som leje-materiale. HOFOR tillader ikke blyholdige legeringer i kontakt med drikkevand.

Der tilsættes ofte en række forskellige legeringsstoffer til messing, som så kaldes specialmessing. Det samlede indhold af disse elementer overskrider normalt ikke 7.5%. Nogle af disse specialmessinger har fået kaldenavne, hvori betegnelsen bronze indgår, fx Rübels bronze og propelbronze. Dette er uheldigt, da ægte bronze ikke indeholder zink.

Ud over zink (Zn) og tin (Sn) kan der tilsættes mange andre legeringselementer, med det formål at forbedre materialets egenskaber, fx styrke, hårdhed, formbarhed, bearbejdelighed eller korrosionsbestandighed.

De mest anvendte legeringselementer fremgår af tabel 1.

Bemærk at nogle legeringselementer kan være vigtige for at opnå visse egenskaber i nogle legeringer, men en uønsket urenhed i andre.

Tabel 1 Mest anvendte elementer i kobberlegeringer

| Legeringselement | Typisk indhold | Kommentarer |
|------------------|-----------------|---|
| Zink, Zn | Op til 42% | <ul style="list-style-type: none"> Hovedlegeringselement i messing. Nedsætter prisen i forhold til rent kobber, da prisen på Zn er meget lavere end Cu. Nedsætter korrosionsbestandigheden. Øger styrken, men nedsætter duktiliteten. Høje zinkindhold giver et sprødt materiale, som evt. sammen med bly gør det velegnet til spåntagende bearbejdning. |
| Tin, Sn | Op til 15% | <ul style="list-style-type: none"> Hovedlegeringselement i bronze. Øger hårdheden og slidbestandigheden. Forbedrer korrosionsbestandigheden. Over ca. 15% tin gør legeringen for sprød til praktisk anvendelse. |
| Bly, Pb | Op til 10% | <ul style="list-style-type: none"> Øger bearbejdigheden ved spåntagende bearbejdning. Giver bedre glideegenskaber/nedsætter friktion. |
| Arsen, As | Mindre end 0.2% | <ul style="list-style-type: none"> Nedsætter risikoen for afzinkning for messinglegeringer. |
| Aluminium, Al | Op til 2% | <ul style="list-style-type: none"> Øger styrken og hårdheden for specialmessing. Øger korrosionsbestandigheden. En særlig legeringsgruppe kaldet aluminiumsbronze har et højere Al-indhold. |
| Silicium, Si | Op til 5% | <ul style="list-style-type: none"> Giver bedre glideegenskaber/nedsætter friktion. Øger bearbejdigheden ved spåntagende bearbejdning. Indgår som en vigtig bestanddel i den nyere blyfri messinglegering kaldet ECO BRASS®. Nedsætter tendensen til spændingskorrosion. |
| Mangan, Mn | Op til 3% | <ul style="list-style-type: none"> Øger styrken for specialmessing. Forbedrer korrosionsbestandigheden. |
| Fosfor, P | Op til 1% | <ul style="list-style-type: none"> Anvendes til at deoxidere metallet ved fremstillingen, hvorved der ofte vil være en lille rest af fosfor i legeringen. Større tilsætning øger slidbestandigheden og korrosionsbestandigheden af bronze. Over ca. 1% gør legeringen alt for sprød til praktisk anvendelse. |
| Nikkel, Ni | Op til 1% | <ul style="list-style-type: none"> Øger styrken for specialmessing. |
| Antimon, Sb | Mindre end 0.2% | <ul style="list-style-type: none"> Nedsætter risikoen for afzinkning for messinglegeringer. |
| Jern, Fe | Op til 3% | <ul style="list-style-type: none"> Giver et mere finkornet materiale med større styrke. Giver bedre glideegenskaber/nedsætter friktion. Over 3% nedsætter korrosionsbestandigheden. |

Legeringsbetegnelser

Kobberlegeringer betegnes/navngives på mange måder.

I Europa er det mest udbredte et system iht. ISO 1190-1 [4], hvor legeringsbetegnelsen starter med betegnelsen "Cu" for kobber efterfulgt af betegnelser for de øvrige legeringselementer i faldende orden og deres nominelle indhold i procent. Hvis indholdet er under 1% angives kun legeringselementets betegnelse.

Eksempel: CuZn21Si3P

Cu: Står for kobber.
Zn21: Der indgår nominelt 21% zink.
Si3: Der indgår nominelt 3% silicium.
P: Der indgår under 1% fosfor.

Det nominelle kobberindhold udgøres af "resten", dvs. $100-21-3 = 76\%$.

Herudover anvendes et system iht. EN 1412 [5], som starter med to bogstaver efterfulgt af 3 cifre, og dernæst endnu et bogstav.

Eksempel: CC768S

C: Står for kobber (Cu).
C: Angiver produkttypen, som oftest C for støbt (Cast) eller W for smedet (Wrought).
768S: Løbenummer og bogstav inden for visse produktgrupper, hvor fx 700-799 sammen med bogstaverne R og S bruges for "komplekse kobber-zink legeringer".

Ovenstående materiale findes også som i en smedet udgave, som betegnes CW724R.

"CuZn21Si3P", "CC768S" og "CW724R" betegner således alle et materiale, som har identiske legeringselementer. Legeringen har også fået kaldenavnet ECO BRASS®.

Teknisk rent kobber betegnes med løbenumre fra 000-099 sammen med bogstaverne A og B – fx CW004A. Systemet med legeringsindholdet i procent bruges ikke for disse materialer, da de jo indeholder næsten 100% rent kobber. I stedet bruges betegnelsen "Cu" for kobber efterfulgt af specielle bogstavbetegnelser, fx betegnes CW004A ifølge dette system med "Cu-EPT" (Electrolyte Tough Pitch), som er højkvalitetskobber til elektriske formål med over 99,9% kobber og mindre end 0,04 % oxygen.

Teknisk rent kobber betegnes også ofte med "E-Cu" for elektrolytisk kobber, "SF-Cu" for fosfordeoxyderet kobber og "OF-Cu" for oxygenfrit kobber.

Kobber og kobberlegeringers korrosionsforhold

Generel korrosion

Kobber og kobberlegeringer har generelt god korrosionsbestandighed i vandige miljøer, hvis det anvendes med omtanke. Det har tidligere været det foretrukne materiale til rør og fittings i brugsvandsinstallationer, men er efterhånden blevet fortrængt af plast og rustfrit stål.

I forhold til rent kobber forringes korrosionsbestandigheden generelt for messing med stigende zinkindhold, mens den ofte forbedres for bronze og rødgoods ved tilsætning af tin.

Kobber danner ikke en beskyttende passivfilm på overfladen ligesom fx rustfrit stål, og der vil derfor altid ske en vis afsmitning af kobber og legeringselementer til drikkevandet. Afsmitningen er størst i nye installationer, og vil som regel aftage, efterhånden som der dannes beskyttende belægninger på overfladerne.

Afsmitningen er værst i hårde vandtyper med højt indhold af hydrogenkarbonat ($\text{HCO}_3 > 240 \text{ mg/l}$) og salte, og har tidligere medført overskridelse af drikkevandsbekendtgørelsens grænseværdi for kobber i nye husinstallationer med kobberrør [1].

Af samme årsag er brugen af kobberrør hverken godkendt til drikkevand ifølge den danske GDV-ordning (Godkendt til DrikkeVand [2]) eller iht. retningslinjerne fra "4MS Common Approach" [3]. Kobberlegeringer må dog fortsat anvendes til fx pumpelede, ventiler og fittings, da overfladearealet for disse komponenter kun vil udgøre en lille andel af den samlede installation.

Der kan opstå andre korrosionsformer end afsmitning ved brug af kobberlegeringer. I det følgende beskrives de mest relevante former for korrosion i forbindelse med HOFORs vandforsyning.

Spændingskorrosion

Spændingskorrosion er en lokal korrosionstype, som kan opstå, når metallet konstant er påvirket af fysiske spændinger over et kritisk niveau. Disse spændinger kan enten stamme fra fabrikationen ved smedning, valsning eller andre former for bearbejdning eller fra mekaniske påvirkninger ved anvendelsen af komponenten. Denne korrosionsform bevirker ofte lokale revnedannelser.

Spændingskorrosion forekommer især i messinglegeringer, og risikoen er størst i miljøer med ammoniak eller andre kvælstofforbindelser. Tendensen modvirkes ved at tilsætte silicium til legeringen.

Problemet forekommer oftest ved gevindsamlinger, så derfor bør alt for hård tilspænding af fittings, omløbere og lignende undgås.

Selektiv korrosion

Visse kobberlegeringer er følsomme overfor selektiv korrosion, hvor et af hovedlegerings-elementerne opløses i lokale områder. Herved efterlades kobberet som et porøst materiale uden styrke, som efterhånden også vil blive opløst sammen med de øvrige legeringselementer.

Denne korrosionsform opstår ofte for messing, og kaldes i denne sammenhæng for afzinkning. Risikoen er størst i blødt vand med højt kloridindhold, og udgør således en risiko i forbindelse med blødgjort vand.

Messing med 15% zink eller mindre er normalt immune overfor afzinkning, men ellers stiger risikoen med stigende zinkindhold.

Mange messinglegeringer kan beskyttes mod afzinkning ved tillegering af små mængder arsen (op til 0.15% As) og/eller antimon (op til 0.1% Sb). Disse afzinkningsbestandige legeringer betegnes ofte med "DZR" (De-Zincification Resistant) og er testet iht. kravene i ISO 6509 [6].

Afzinkning af messing var den hyppigste form for korrosion inden for drikkevandsforsyning i Norge indtil 1980'erne. Efter introduktionen af afzinkningsbestandige legeringer faldt antallet af disse korrosionsskader dramatisk [7].

Ventiler mv. af afzinkningsbestandige messinglegeringer eller rødgods anses for at have tilstrækkelig korrosionsbestandighed i Danmark ifølge DS 439 [8].

Retningslinjerne fra "4MS Common Approach" [3] omfatter pt. 31 accepterede kobberlegeringer. Nogle af disse er ikke afzinkningsbestandige, og indgår derfor ikke i HOFORs liste over godkendte kobberlegeringer i bilag 1.

Galvanisk korrosion

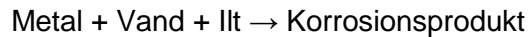
Galvanisk korrosion (også kaldet bimetallisk korrosion) kan opstå, når to forskellige metaller har kontakt til hinanden via en elektrolyt, fx saltholdigt drikkevand. Herved kan metallet med den laveste såkaldte ædelhed korrodere. Som det fremgår af tabel 2, er rustfrit stål et af de mest ædle materialer, mens bronze, rødgods, kobber og messing er placeret i midten af rækken.

De vandrette linjer i tabellen markerer grupper af materialer. Materialer i samme gruppe kan normalt anvendes sammen uden risiko for galvanisk korrosion, mens materialer fra forskellige grupper ikke bør anvendes i samme konstruktion.

Den galvaniske korrosionsproces består af to elektrokemiske delreaktioner:

1. En anodereaktion på det mindst ædle metal, som oftest er en oxidationsproces, hvor der dannes metal-ioner under frigivelse af elektroner.
2. En katodereaktion på det mest ædle metal, som oftest er en iltreduktionsproces, som forbruger de frie elektroner.

Den samlede proces kan simplificeret betragtes som følger:



Risikoen for galvanisk korrosion og dens hastighed afhænger bl.a. af:

- Forskellen i materialernes ædelhed.
- Afstanden mellem komponenterne.
- Vandets ledningsevne.
- Forholdet mellem materialernes overfladeareal (jo mindre anodeareal i forhold til katodeareal, jo værre).
- Flowforhold, fx stillestående vand.

Tabel 2 Korrosionspotentiale for udvalgte materialer [9]

| Materiale | Korrosionspotentiale Volt SHE* | | |
|------------------------------------|---|---|-------|
| Grafit | +0.30 | - | +0.20 |
| Platin | +0.25 | - | +0.10 |
| Titan | +0.10 | - | -0.05 |
| Austenitisk rustfrit stål (passiv) | +0.10 | - | -0.10 |
| Nikkel | -0.10 | - | -0.20 |
| Bly | -0.15 | - | -0.25 |
| Ferritisk rustfrit stål (passiv) | -0.20 | - | -0.35 |
| Rødgods og tinbronze | -0.25 | - | -0.35 |
| Kobber | -0.30 | - | -0.35 |
| Tin | -0.30 | - | -0.35 |
| Messing | -0.30 | - | -0.40 |
| Aluminiumbronze | -0.30 | - | -0.45 |
| Austenitisk rustfrit stål (aktiv) | -0.40 | - | -0.55 |
| Ferritisk rustfrit stål (aktiv) | -0.40 | - | -0.55 |
| Stål og støbejern | -0.60 | - | -0.75 |
| Aluminium | -0.75 | - | -1.00 |
| Zink | -0.95 | - | -1.05 |
| Magnesium | -1.55 | - | -1.65 |

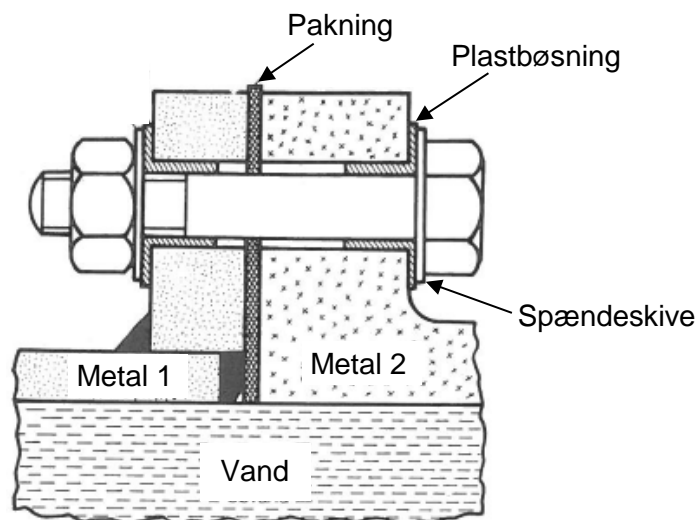
*Målt i strømmende havvand med SHE elektrode (Standard Hydrogen Elektrode).

Korrosionsrisikoen er størst, når det mest ædle materiale er placeret før det mindst ædle i strømningens retning.

Risikoen for galvanisk korrosion kan mindskes ved elektrisk frisolering af materialerne. Dette kan fx opnås ved montering af plast- eller gummidele mellem komponenterne, fx gummikompensatorer på til- og afgangsrør på en pumpe eller som vist for en flangesamling på figur 1. I praksis er det ofte ikke muligt, at undgå elektrisk kontakt.

Bemærk også at eventuel galvanisk korrosion vil optræde på det mindst ædle materiale i en konstruktion. Hvis en pumpe fx har et løbehjul i rustfrit stål (mest ædelt), slidringe i bronze (mellem-ædelt) og pumpehus i støbejern (mindst ædelt), så vil bronzen ikke korrodere, selvom det er mindre ædelt end rustfrit stål. Her vil eventuel galvanisk korrosion ske på støbejernsoverfladen, som derfor helst skal have et større overfladeareal end de mere ædle dele.

Figur 1: Eksempel på elektrisk frisolering af materialer ved flangesamling [10]



Drikkevandskriterier i Danmark

Følgende dokumenter fastsætter drikkevandskrav, som skal være opfyldt i HOFOR:

- Den gældende Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg [11].
- Gældende Liste over drikkevandskriterier [12].
- HOFORs Kravspecifikation for vandværker [13]

Tabel 3 viser drikkevandskrav for udvalgte stoffer. I tabellen fremgår kun værdier for de elementer, som ofte anvendes i kobberlegeringer. Bemærk at kravene ikke kun gælder for afsmitning fra kobberlegeringer, men er det samlede krav, der skal overholdes ved hhv. afgang vandværk og/eller ved forbrugerens taphane.

Tabel 3 Drikkevandskrav ved afgang vandværk og forbrugerens taphane.

| Parameter | Afgang vandværk | Forbrugers taphane | Reference |
|---------------|-----------------|--------------------|---|
| Aluminium, Al | | 200 µg/l | Drikkevandsbekendtgørelsen [11] |
| Antimon, Sb | | 5 µg/l | Drikkevandsbekendtgørelsen [11] |
| Arsen, As | | 5 µg/l | Drikkevandsbekendtgørelsen [11] |
| Bly, Pb | | 5 µg/l | Drikkevandsbekendtgørelsen [11] |
| Jern, Fe | 50 µg/l | 200 µg/l | HOFORs Kravspecifikation for vandværker [13] Drikkevandsbekendtgørelsen [11] |
| Kobber, Cu | l | 2 mg/l | Drikkevandsbekendtgørelsen [11] |
| Mangan, Mn | 10 µg/l | 50 µg/l | HOFORs Kravspecifikation for vandværker [13] Drikkevandsbekendtgørelsen [11] |
| Nikkel, Ni | | 20 µg/l | Drikkevandsbekendtgørelsen [11] |
| Silicium, Si | | 10 mg/l | Erfaringsbaseret værdi, omregnet fra SiO ₂ |
| Tin, Sn | | 1,5 mg/l | Liste over drikkevandskriterier [12] |
| Zink, Zn | | 3 mg | Drikkevandsbekendtgørelsen [11] |

Som det fremgår er grænseværdierne meget lave (5 µg/l) for både antimon (Sb), arsen (As) og bly (Pb). Antimon og arsen tilsættes dog kun i meget små mængder (< 0.2%) i kobberlegeringer, og da det samlede overfladeareal af komponenter af kobberlegeringer i kontakt med drikkevandet vil være meget lille, vil den mulige afsmitning af disse stoffer være yderst beskedent.

Derimod kan indholdet af bly (Pb) i kobberlegeringer være betydeligt højere, i nogle legeringer mere end 10%. Retningslinjerne fra "4MS Common Approach" [3] tillader op til 3.5% bly for små overflader, mens NSF 61 [14] generelt kun tillader 0.25% bly, dog med visse undtagelser. For at minimere risikoen for afsmitning af bly til drikkevandet og for at skåne miljøet, tillader HOFOR kun blyfri legeringer.

Retningslinjer for kobber og kobberlegeringer i kontakt med drikkevand

Kobber og kobberlegeringer har generelt god korrosionsbestandighed i vandige miljøer, hvis det anvendes med omtanke, men kobber er ikke et passivt materiale som fx rustfrit stål. Der kan derfor forekomme situationer, hvor der kan ske en forholdsvis stor afsmitning fra metaloverfladen til drikkevandet.

Derfor foretrækkes rustfrit stål generelt frem for kobber og kobberlegeringer. Kobberlegeringer må dog fortsat anvendes til små komponenter, fx pumpedele, ventiler og fittings, hvorved det samlede overfladeareal af disse komponenter kun udgør en lille andel af den samlede installation.

HOFOR har valgt at basere reglerne for anvendelse af kobberlegeringer på retningslinjer fra "4MS Common Approach", som oprindeligt var et samarbejde mellem Holland, Tyskland, Frankrig og Storbritannien om deres nationale ordninger for udstyr i kontakt med drikkevand. Danmark tiltrådte dette samarbejde i 2018.

4MS vedligeholder en liste med accepterede metalliske materialer for udstyr i kontakt med drikkevand [3], som pt. omfatter 31 kobberlegeringer. HOFOR har valgt kun at godkende blyfri legeringer samt messinglegeringer, der er afzinkningsbestandige. Det har resulteret i 12 godkendte legeringer, som fremgår af bilag 1.

De godkendte legeringer må anvendes i kontakt med drikkevand, herunder også blødgjort vand, vand tilsat CO₂ og ionbyttet vand. Kobberlegeringer må aldrig anvendes i kontakt med koncentreret natriumhydroxid (NaOH), som tilgår vandbanen. Godkendte kobberlegeringer, som fremgår af Bilag 1, skal ikke ansøges HOFORs materialeudvalg.

Herudover gælder følgende retningslinjer:

- Rustfrit stål skal så vidt muligt anvendes frem for kobberlegeringer.
- Hvis kobberlegeringer anvendes i kontakt med rustfrit stål eller andre "ædlere" metaller, skal der tages hensyn til risikoen for galvanisk korrosion (se afsnit herom). I tvivlstilfælde skal Materialeudvalget kontaktes.
- Bronze- og rødgoods-legeringerne foretrækkes generelt frem for messing.
- Der skal anvendes blyfri legeringer (se Bilag 1: Godkendte kobberlegeringer).

Hvis der anvendes en legering, som ikke fremgår af Bilag 1, skal der sendes ansøgning til HOFORs Materialeudvalg for vand. I tilfælde af andre anvendelser end de ovenfor nævnte i forbindelse med drikkevand skal HOFORs Materialeudvalg for vand ligeledes ansøges. Dette gælder også ved anvendelse af forniklede og forkromede dele eller andre former for coating.

Referencer

- [1] *Vejledning om metalliske materialer til vandinstallationer*, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 12, Miljøstyrelsen 2005
- [2] *Vejledning om byggevarer godkendt til drikkevand*, version 4.0, 5. maj 2017, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen
- [3] *Acceptance of metallic materials used for products in contact with drinking water*, 4MS Common Approach, Part B – 4MS Common Composition List, 11th Revision, March 2019
- [4] *ISO 1190-1:1982 – Copper and copper alloys – Code of designation – Part 1: Designation of materials.*
- [5] *DS/EN 1412:2016 – Kobber og kobberlegeringer – Europæisk nummereringssystem.*
- [6] *DS/EN ISO 6509-1:2014 – Korrosion af metal og legeringer – Bestemmelse af kobber-zink-legeringers modstand mod afzinkning – Del 1: Prøvningsmetode*
- [7] *MaiD - Final report, Material and product innovation through knowledge based standardization in drinking water sector – Report 3*, Nordic Innovation 2018
- [8] *DS 439:2009, Norm for vandinstallationer*
- [9] *Metallurgi for ingeniører*, 7. udgave, Akademisk Forlag A/S, 1995
- [10] *Pumpeståbi*, 2. udgave, Teknisk Forlag A/S, 1991
- [11] *Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg*, BEK nr 1070 af 28/10/2019, Miljø- og Fødevareministeriet (såfremt der skulle være kommet en ny bekendtgørelse siden nærværende notat er udarbejdet, skal krav i den gældende bekendtgørelse overholdes)
- [12] *Liste over drikkevandskriterier*, Miljøstyrelsen, januar 2018
- [13] *Kravspecifikation. Vandværker. Installationer på vandværker*, HOFOR, VAV 101. Revision 5, 16.12.2019. Se seneste kravspecifikation på www.hofor.dk
- [14] *NSF/ANSI 61 – 2016 – Drinking Water System Components – Health Effects*

Bilag 1: Godkendte kobberlegeringer

Messing og specialmessing

| EN Navn | ISO nr. | Cu % | Zn % | Sn % | Al% | As % | Si % | P % | Andre % |
|---------------|---------|-----------|----------|------|----------|-----------|---------|-----------|---------------|
| CuZn10 | CW501L | 89-91 | Rest | | | | | | |
| CuZn38As | CW511L | 61.5-63.5 | Rest | | | 0.02-0.15 | | | |
| CuZn35Al-C | | 63-64.5 | Rest | | 0.2-0.7 | 0.04-0.14 | | | |
| CuZn38AsSb | CC771S | 62-65 | Rest | | 0.45-0.7 | 0.02-0.04 | | | Sb:0.02-0.05 |
| CuZn21Si3P | CW724R | 75-77 | Rest | | | | 2.7-3.5 | 0.02-0.10 | |
| CuZn21Si3P | CC768S | 75-77 | Rest | | | | 2.7-3.5 | 0.02-0.10 | |
| CuSi4Zn4MnP-C | CC245E | Rest | 1.0-7.0 | | | | 2.5-4.5 | 0.05-0.15 | Mn: 0.03-0.09 |
| CuSi4Zn9MnP-C | CC246E | Rest | 7.0-11.0 | | | | 2.5-4.5 | 0.05-0.15 | Mn: 0.03-0.09 |
| CuSi4Zn4MnP | | Rest | 1.0-7.0 | | | | 2.5-4.5 | 0.05-0.15 | Mn: 0.01-0.09 |
| CuSi4Zn9MnP | | Rest | 7.0-11.0 | | | | 2.5-4.5 | 0.05-0.15 | Mn: 0.01-0.09 |

Bronze

| EN Navn | ISO nr. | Cu % | Zn % | Sn % | Al % | As % | Si % | P % | |
|---------|---------|------|------|---------|------|------|------|----------|--|
| CuSn8 | CW453K | Rest | | 7.5-8.5 | | | | 0.02-0.4 | |

Rødgods

| EN Navn | ISO nr. | Cu % | Zn % | Sn % | Al % | As % | Si % | P % | |
|------------|---------|-------|---------|---------|------|------|------|----------|------------|
| CuSn4Zn2PS | | 90-96 | 1.0-3.0 | 3.0-5.0 | | | | 0.01-0.1 | S: 0.2-0.6 |