

# ***Er Jorden farlig ?***

- *en guideline til vurdering af, om metalforurenet jord og restprodukter skal klassificeres som farligt affald*

***Version I***

**DAKOFA**

**maj 2001**

# Indhold

|  |           |
|--|-----------|
| <b>SAMMENFATNING</b>   | <b>3</b>  |
| <b>1. INDLEDNING</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2. RESTPRODUKTBEKENDTGØRELSEN</b>   | <b>5</b>  |
| <b>3. AFFALDSBEKENDTGØRELSEN OG FARLIGT AFFALD</b>                                   | <b>6</b>  |
| <b>4. OM SAMMENHÆNGEN MELLEM RESTPRODUKT- OG<br/>AFFALDSBEKENDTGØRELSEN</b>          | <b>9</b>  |
| <b>5. OVERSIGT OVER GRÆNSEVÆRDIER FOR TOKSISKE METALFORBINDELSER<sup>12</sup></b>    |           |
| <b>6. KLASSIFICERING VED FLERE TOKSISKE METALLER SAMTIDIG</b>                        | <b>13</b> |
| <b>7. BEREGNING AF GRÆNSEVÆRDI VED KENDT INDHOLD AF TOKSISK<br/>METALFORBINDELSE</b> | <b>14</b> |
| <b>8. KONKRET ANVENDELSE PÅ FORBRÆNDINGSSLAGGE</b>                                   | <b>15</b> |

## Bilag:

- I:           Oversigt over farebetegnelser og R-sætninger
- II:          Oversigt over toksiske metaller og metalforbindelser, der p.t. er klassificerede som farlige

## Sammenfatning

Denne guideline har til formål at lette arbejdet med at finde ud af, hvornår jord og restprodukter, der er forurenede med toksiske metaller, må (gen)anvendes, og hvornår de skal klassificeres som farligt affald.

Restproduktbekendtgørelsen tillader, at metalforurenede jord og restprodukter (gen)anvendes til et bredt register af anlægsarbejder m.v. Forudsætningen er, at de såkaldte "Kategori I-krav er opfyldt, nemlig at faststofkoncentrationen af toksiske metaller er under et vist niveau, og at der kun udvaskes en nærmere defineret mængde fra dem (krav til eluatværdi). Overstiger koncentrationen af toksiske metaller disse faststofkoncentrationer, må jorden og restprodukterne kun (gen)anvendes til et begrænset register af anlægsarbejder og i bestemte lagtykkelser m.v. Hvilke arbejder og lagtykkelser bestemmes alene af *udvaskningsegenskaberne*, dvs. eluatværdierne som også sætter en øvre grænse for, om jorden/restproduktet overhovedet må (gen)anvendes. Der behøver ikke at være nogen sammenhæng mellem *faststofkoncentrationen* og *eluatværdien*.

Restproduktbekendtgørelsen sætter ikke nogen øvre grænseværdi for, hvor høj *faststofkoncentrationen* af toksiske metaller må være, førend jorden eller restproduktet ikke længere må (gen)anvendes. Den siger blot, at bekendtgørelsen ikke finder anvendelse på farligt affald.

Derfor er det vigtigt at kende grænseværdierne for, hvornår toksiske metaller kan indebære, at jord eller restprodukter skal klassificeres som farlige. Guidelinen opstiller nogle grænseværdier, der kan bruges som tommelfingerregel herfor.

Grænseværdierne er oplyst nedenfor sammenholdt med grænseværdierne for Kategori 1-jord og -restprodukter. Da forbindelser af arsen, cadmium, kviksølv og kobber har samme farlige egenskaber, skal koncentrationerne af dem lægges sammen efter særlige regler, som afspejler grænseværdierne for de enkelte metaller. Den måde, koncentrationerne skal lægges sammen på, er anført under tabellen.

| Metal        | Grænseværdi Kategori 1 mg/kg | Grænseværdi for klassificering som farligt affald mg/kg |
|--------------|------------------------------|---|
| Arsen        | 20                           | 1000  |
| Bly          | 40                           | 5000  |
| Cadmium      | 0,5                          | 1000  |
| Chrom, total | 500                          | -   |
| Chrom (VI)   | 20                           | 1000  |
| Kobber       | 500                          | 250.000   |
| Kviksølv     | 1                            | 500   |
| Nikkel       | 30                           | 1000  |
| Zink         | 500                          | 50.000  |

Jord og restprodukter, der overholder Kategori 1-værdierne, kan anvendes "frit" til en række anlægsformål.

Jord- og restprodukter, der overskrider grænseværdierne for klassificering som farligt affald, må ikke (gen)anvendes.

I spektret mellem de to sæt grænseværdier kan jord og restprodukter anvendes efter de særlige regler i restprodukt-bekendtgørelsen, alt afhængig af udvaskningsegenskaberne (eluatværdierne).

Samtidig skal summen af følgende koncentrationer være mindre end 1000:

$$\text{As (mg/kg)} + \text{Cd (mg/kg)} + 2 \times \text{Hg (mg/kg)} + \text{Cu}/250 \text{ (mg/kg)} < 1000 \text{ (mg/kg)}$$

Der henvises til guidelinens tekst i øvrigt for en nærmere forklaring.

Det skal understreges, at jord eller restprodukter, der ikke overholder de anførte grænseværdier, ikke nødvendigvis behøver at skulle klassificeres som farlige. Det afhænger af, på hvilken form de toksiske metaller forekommer.

Omvendt kan nogen af metallerne forekomme i forbindelser, som skal klassificeres som farlige i endnu lavere koncentrationer. De toksiske metalforbindelser, som p.t. er klassificerede som farlige, er opført i guidelinens bilag II, hvor grænseværdierne tillige er indsat.

## 1. Indledning

DAKOFAs sekretariatet har på baggrund af drøftelser i arbejdsudvalgene for farligt affald, forbrænding og jordforurening udarbejdet denne guideline til vurdering af, hvornår jord og restprodukter, omfattet af restproduktbekendtgørelsen<sup>1</sup> bør vurderes nøjere med hensyn til, om de skal klassificeres som farligt affald efter reglerne i affaldsbekendtgørelsen<sup>2</sup>.

Restproduktbekendtgørelsen tillader således anvendelse af restprodukter med et vist indhold af bl.a. toksiske metaller og metal-forbindelser. Restprodukter, der skal klassificeres som farligt affald, må imidlertid ikke anvendes efter restproduktbekendtgørelsens bestemmelser.

Der har følgelig været artikulert interesse for at få præciseret, hvornår koncentrationerne af toksiske metaller og metalforbindelser i jord og restprodukter når en sådan størrelse, at man skal være opmærksom på hvorvidt jorden og restprodukterne skal klassificeres som farligt affald.

Spørgsmålet aktualiseres yderligere af, at den reviderede liste over farligt affald, som skal være indført i dansk ret senest fra 1. januar 2002, opererer med en række såkaldte "spejlindgange" for restprodukter og jord. Det indebærer, at de pågældende arter af restprodukter og jord kan klassificeres som både farlige og ikke-farlige, idet det er op til affaldsproducenten at foretage en korrekt klassificering.

Guidelinen har alene til formål at sandsynliggøre, hvornår opmærksomheden bør skærpes, og hvorledes det konkret kan vurderes, om et givent restprodukt, qua dets indhold af toksiske metaller og metalforbindelser, skal klassificeres som farligt, ligesom det anføres, hvorledes det - hvis det faktiske indhold af toksiske metalforbindelser er kendt - eksakt kan beregnes, om affaldet er farligt.

Indledningsvis præsenteres lovgrundlaget kort.

## 2. Restproduktbekendtgørelsen

Restproduktbekendtgørelsen fastsætter regler om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder. Omfattet er slagger fra affaldsforbrænding, bund- og flyveaske fra kulfyrede kraftværker samt forurenede jord og jord fra kortlagte ejendomme, en kortlagt del af en ejendom eller et areal, som anvendes til offentlig vej.

Restprodukter og jord må kun være forurenede med de stoffer, der er anført i bekendtgørelsens bilag 4. Det er - ud over saltene klorid, sulfat og natrium - de toksiske metaller, der fremgår af tabel 1.

Her er tillige angivet koncentrationsgrænsen (faststofindhold i mg/kg TS) samt de såkaldte eluatværdier (mg/l) for, hvornår jord (og restprodukter), der er forurenede med de pågældende metaller, kan genanvendes uden tilladelse og restriktioner i øvrigt til bygge- og anlægsarbejder

<sup>1</sup> Miljø- og energiministeriets bekendtgørelse nr. 655 af 27. juni 2000 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge og anlægsarbejder.

<sup>2</sup> Miljø- og energiministeriets bekendtgørelse nr. 619 af 27. juni 2000 om affald.

omfattet af bekendtgørelsen<sup>3</sup>. Jord og restprodukter, der overholder disse grænseværdier, benævnes "Kategori 1-produkter".

Såfremt de anførte metaller eller salte findes i koncentrationer større end hvad der tillades i Kategori 1, bestemmes anvendelsen ikke længere af faststofkoncentrationerne, men udelukkende af udvaskningsegenskaberne ved de pågældende produkter, idet der er fastsat særlige eluatværdier, som skal overholdes ved forskellige former for anvendelse.

Fælles for de tilladte anvendelsesformer i kategorierne 2 og 3 er, at de ikke må anvendes overfladenært, hvorfor man kan se bort fra deres toksiske virkning ved eventuelt indtag.

Der henvises til bekendtgørelsen for en nærmere beskrivelse af kategorier og anvendelse, idet det af hensyn til forståelsen af forholdet til affaldsbekendtgørelsens bestemmelser om farligt affald alene er vigtigt at forstå, at restproduktbekendtgørelsen bygger dels på faststofkoncentrationer, dels på eluatværdier, mens affaldsbekendtgørelsens bestemmelser om klassificering af farligt affald alene bygger på faststofkoncentrationer.

Det skal bemærkes, at der ikke er nogen sammenhæng mellem faststofkoncentrationer og eluatværdier, eftersom sidstnævnte udelukkende afhænger af, hvor *hårdt* stofferne er bundet i restproduktet/jorden, ikke hvor *stor* koncentrationen er.

| <b>Metal</b> | <b>GV, Kategori 1,<br/>mg/kg</b> | <b>GV, Kategori 1,<br/>koncentration i eluat<br/>µg/l</b> |
|--------------|----------------------------------|---|
| Arsen        | 20                               | 8   |
| Bly          | 40                               | 10  |
| Cadmium      | 0,5                              | 2   |
| Chrom, total | 500                              | 10  |
| Chrom (VI)   | 20                               | -   |
| Kobber       | 500                              | 45  |
| Kviksølv     | 1                                | 0,1   |
| Nikkel       | 30                               | 10  |
| Zink         | 500                              | 100   |

**Tabel 1:** *Oversigt over koncentrationsgrænserne og eluatgrænseværdier for de toksiske metaller, der må forekomme i jord og restprodukter, der uden tilladelse og restriktioner i øvrigt må genanvendes til bygge- og anlægsarbejder omfattet af restproduktbekendtgørelsen (se note 3).*

### **3. Affaldsbekendtgørelsen og farligt affald**

Affaldsbekendtgørelsens bestemmelser om klassificering af farligt affald fremgår i al væsentlighed af bekendtgørelsens bilag 3 og 4. Der henvises i øvrigt til DAKOFAs "Kogebog i klassificering af farligt affald", juni 1997 eller til Miljøstyrelsens kommende vejledning i farligt affald for en nærmere beskrivelse. Kort forklaret går klassificeringen ud på, at der findes en række nøjere

<sup>3</sup> Disse fremgår af bekendtgørelsens §2, stk. 1 nr. 4 og omfatter: Etablering af veje, stier, pladser, støjvolde, ramper, diger, dæmninger, jernbaneunderbygning, ledningsgrave, terrænregulering, anlæg på søterritoriet samt opfyldning i gulve og under fundamenter.

| Egenskab                                       | Klassificering  | GV<br>mg/kg                          |
|--|---|--------------------------------------|
| Meget giftig                                   | Tx ;R26, R27, R28,<br>R39                                   | 1000                                 |
| Kræftfremkaldende, kategori 1 eller 2          | Carc1/2 ;R45, R49   | 1000 <sup>2)3)</sup>                 |
| Mutagen, kategori 1 eller 2                    | Mut 1/2 ;R46  | 1000 <sup>2)</sup>                   |
| Reproduktionsskadende                          | Rep1/2 ;R60, R61  | 5000 <sup>2)</sup>                   |
| Giftig   | T ;R48, R39   | 10.000                               |
| Ætsende  | C ;R35  | 10.000                               |
| Sensibiliserende                               | Xn/Xi ;R42, R43   | 10.000 <sup>2)</sup>                 |
| Kræftfremkaldende, kategori 3                  | Carc3; R40  | 10.000 <sup>2)</sup>                 |
| Mutagen, kategori 3                            | Mut3 ;R40   | 10.000 <sup>2)</sup>                 |
| Giftig   | T ;R23, R24, R25  | 30.000                               |
| Ætsende  | C ;R34  | 50.000                               |
| Lokalirriterende                               | Xi ;R41   | 50.000                               |
| Reproduktionsskadende, kategori 3              | Rep3 ;R62, R63  | 50.000 <sup>2)</sup>                 |
| Sundhedsskadelig                               | Xn ;R48   | 100.000                              |
| Lokalirriterende                               | Xi ;R36, R37, R38   | 200.000                              |
| Sundhedsskadelig                               | Xn ;R20, R21, R22   | 250.000                              |
| Miljøfarlig, vandmiljøet og øvrige økosystemer | N/- ;R50, R51, R52,<br>R53, R54, R55, R56,<br>R57, R58, R59 | ikke fastsat <sup>4)</sup>           |
| Smitsom  | -   | ikke fastsat                         |
| Øvrige <sup>1)</sup>                           | -   | ikke fastsat                         |
| Ekspllosiv                                     | E ;R1, R2, R3   | kan ikke <sup>5)</sup><br>fastsættes |
| Brandnærende                                   | O   | -                                    |
| Brandfarlig                                    | R10   | -                                    |
| Meget brandfarlig                              | F ;R11  | -                                    |
| Yderst brandfarlig                             | Fx ;R12   | -                                    |

1) Til "øvrige" hører ifølge affaldsbekendtgørelsens bilag 3 dels affald, der ved berøring med vand, luft eller syre frigør giftige eller meget giftige luftarter, dels affald, der efter bortskaffelse kan resultere i et andet stof, f.eks. et udvaskningsprodukt, med en af de ovenfor (i skemaet) anførte egenskaber.

2) Koncentrationen gælder for det enkelte kemiske stof med den pågældende egenskab. For de øvrige gælder, at det er summen af koncentrationerne af kemiske stoffer med samme egenskab, der afgør, om affaldet skal klassificeres som farligt eller ej.

3) Kræftfremkaldende kategori 1 & 2 er ikke i dag "note 2-mærket", men er blevet det i f.m. revisionen af EUs liste over farligt affald, som skal implementeres i dansk ret inden 1. januar 2002.

4) Der arbejdes p.t. på udviklingen af grænseværdier for miljøfarlige stoffer i EU.

5) GV for eksplosiv, brandnærende og brandfarlig er umulig. Enten er affaldet eksplosivt/brandfarligt (flammepunkt  $\leq 55^{\circ}\text{C}$ ) eller også er det ikke...

**Tabel 2:** *Oplisting af de egenskaber, der kan gøre affald farligt m. angivelse af de minimumskoncentrationer, stoffer med de respektive egenskaber skal forekomme i, førend der er tale om farligt affald. Udarbejdet på grundlag af affaldsbekendtgørelsens bilag 3 & 4. Oplistingen er dog her prioriteret efter stigende grænseværdi.*

definerede og beskrevne egenskaber, der kan gøre affald farligt. De findes beskrevet i affaldsbekendtgørelsens bilag 3, og er i øvrigt identiske med de egenskaber, der benyttes ved vurdering af, om stoffer og produkter skal klassificeres som farlige efter reglerne herom.

Stoffer, der besidder egenskaber, der kan gøre affald farligt, skal findes i affaldet i visse minimumskoncentrationer, førend de gør affaldet farligt. Disse minimumskoncentrationer findes oplyst i affaldsbekendtgørelsens bilag 4.

I tabel 2 er oplyst de egenskaber, der kan gøre affald farligt, samt de koncentrationsgrænser, der gælder. Egenskaberne er oplyst i prioriteret rækkefølge efter faldende farlighed (stigende grænseværdi for, hvornår de gør affaldet farligt). I tabellen er tillige indsat klassificeringen jf. reglerne herom i bestemmelserne om klassificering af farlige stoffer. I bilag I til guidelinen er optrykt en oversigt over hvad forkortelserne betyder (egenskaber og risikosætninger).

Som udgangspunkt går øvelsen således "blot" ud på at finde ud af, hvilke toksiske metaller og metalforbindelser, der findes i jorden eller restproduktet, checke hvorledes de pågældende metaller og forbindelser heraf er klassificeret (det gør man ved at slå dem op i listen over farlige stoffer<sup>4</sup>) og så aflæse, om koncentrationen af dem (eller summen af koncentrationerne af metaller og metalforbindelser med samme egenskaber) ligger under de anførte værdier i tabel 2.....

| Metal        | Findes særlige grænseværdier? | Er metallet klassificeret som "forbindelse af" ? | Findes forbindelser m. "Anmærkning 1"? | Er metallet farligt på metallisk form? |
|--------------|-------------------------------|--|--|--|
| Arsen        | JA                            | JA   | JA                                     | JA                                     |
| Bly          | NEJ                           | JA   | JA                                     | NEJ                                    |
| Cadmium      | JA                            | JA   | JA                                     | NEJ                                    |
| Chrom, total | NEJ                           | NEJ  | NEJ                                    | NEJ                                    |
| Chrom (VI)   | NEJ                           | JA   | NEJ                                    | -                                      |
| Kobber       | NEJ                           | NEJ  | NEJ                                    | NEJ                                    |
| Kviksølv     | JA <sup>1)</sup>              | JA   | JA                                     | JA                                     |
| Nikkel       | NEJ                           | NEJ  | NEJ                                    | JA                                     |
| Zink         | NEJ                           | NEJ  | NEJ                                    | NEJ                                    |

1) Kun for organiske kviksølvforbindelser.

**Tabel 3:** *Oversigt over særlige forhold, der gør sig gældende ved klassificering af toksiske metaller, herunder om der er fastsat særlige grænseværdier i listen over farlige stoffer, om der findes en generel klassificering af forbindelser af det pågældende metal, om forbindelser af toksiske metaller er udstyret med "Anmærkning 1" i listen (hvorfor grænseværdien gælder for det målte metalindhold - ikke forbindelsens koncentration), og endelig om metallet også er farligt på metallisk form.*

Specielt når det angår toksiske metaller er der dog tre forhold, man skal være opmærksom på: Dels har en række toksiske metalforbindelser fået tildelt særlige grænseværdier (som ikke umiddelbart kan aflæses i tabel 2, men som må checkes i listen over farlige stoffer. **Bemærk i den forbindelse, at de særlige grænseværdier ikke fremgår af den CD-ROM-baserede version af listen, som**

<sup>4</sup> Miljø- og energiministeriets bekendtgørelse nr. 733 af 31. juli 2000 om listen over farlige stoffer



kan fås gennem Miljøbutikken, men alene er at finde i den officielle, trykte version !!!) og dels gælder det for en række toksiske metalforbindelser, at den anførte grænseværdi gælder for *metallet*, og ikke for den *forbindelse*, det indgår i (det er de forbindelser, der er forsynet med "Anmærkning 1" i listen over farlige stoffer). Endelig henledes opmærksomheden på, at kun tre af de toksiske metaller skal klassificeres som farlige, når de forekommer i metallisk form. Se nærmere herfor i tabel 3.

#### 4. Om sammenhængen mellem restprodukt- og affaldsbekendtgørelsen

Når det skal vurderes, om jord eller restprodukter indeholder toksiske metaller eller metalforbindelser i sådanne koncentrationer, der gør det nødvendigt at overveje, om de skal klassificeres som farligt affald og derfor ikke må genanvendes efter restproduktbekendtgørelsens bestemmelser, er det en forudsætning at faststofindholdet af toksiske metaller kendes, således at de kan sammenholdes med affaldsbekendtgørelsens tilsvarende grænseværdier.

Det er forklaringen på, hvorfor f.eks. forbrændingsslagge stadig skal analyseres for faststofindhold, endskønt det er ubestrideligt, at slagge aldrig vil falde i restproduktbekendtgørelsens kategori 1, og derfor udelukkende reguleres efter eluatværdi når henses til genanvendelse.

Nedenfor skal relationerne mellem de to regelsæt belyses med *arsen* som eksempel.

Arsenholdige restprodukter og jord må ifølge restproduktbekendtgørelsen anvendes "frit" i koncentrationer op til 20 mg/kg. Ved højere koncentrationer reguleres genanvendelsen alene efter eluatværdien (og restproduktet/jorden må da ikke anvendes overfladenært). Når faststofkoncentrationen imidlertid når en hvis højde, vil restproduktet/jorden skulle klassificeres som farligt – *uanset eluatværdi* – og må da ikke længere anvendes efter restproduktbekendtgørelsens regler...

Arsen er i listen over farligt affald klassificeret dels som metallisk arsen som "Giftig" med T;R23/25 – d.v.s. med en grænseværdi på 30.000 mg/kg (dog med undtagelse af legeringer, som ikke er klassificeret som farlige efter nyeste TAC-beslutning<sup>5</sup>), dels som en række forskellige forbindelser (arsenpentoxid, arsensyre og dets salte samt arsentrioxid, der alle er klassificeret som kræftfremkaldende, kategori 1 eller meget giftige (Cars1 ;R45 eller Tx ;R26), der har grænseværdier på 1000 mg/kg, og endelig generelt som "arsenforbindelser, undtagen sådanne nævnt andetsteds" med en *særlig* grænseværdi på 1000 mg/kg. "Arsenforbindelser" er i listen over farlige stoffer forsynet med "Anmærkning 1", hvorfor det er den målte koncentration af arsen i prøven, der ikke må overstige de 1000 mg/kg (og ikke koncentrationen af forbindelsen).

Hvis der forekommer arsen i en given jord eller restprodukt, vil det enten forekomme som en forbindelse – og da om ikke andet som "arsenforbindelser..." - og/eller som metallisk arsen. Såfremt al arsen forekommer som metallisk arsen, vil grænseværdien for, hvornår affaldet er farligt

<sup>5</sup> Den tekniske tilpasningskomité, som løbende tilpasser affaldsrammedirektivet, herunder reglerne for farligt affald, har indtil videre opgivet at fastsætte klassificeringsbestemmelser for (toksiske) metaller, der indgår i legeringer. De vil som udgangspunkt ikke skulle klassificeres som farlige, uanset koncentration - i modsat fald skulle de fleste mønter, qua deres nikkelindhold, klassificeres som farlige!

være de 30.000 mg/kg. Såfremt al arsen forekommer som forbindelser af arsen, vil grænseværdien være 1000 mg/kg, og såfremt arsenen forekommer både som metallisk og som forbindelser, vil grænseværdien ligge et eller andet sted mellem de to grænseværdier.

Som udgangspunkt skal affaldsproducenten med andre ord begynde at skærpe interessen for, om restproduktet/jorden skal klassificeres som farligt ved koncentrationer på 1000 mg/kg og opefter.

Forholdet er søgt illustreret i figur 1.

|                  |   |   |
|------------------|---|---|
| "Fri anvendelse" | Anvendelse til særlige formål afhængig af eluatværdi (hvis ikke farligt!) | Ikke omfattet af restproduktbekendtg. (farligt)                           |
| Kategori 1       | Ikke farligt<br>Kategori 2 og 3   | Farligt   |
| <b>Konc.:</b>    | 20 mg/kg<br>(GV kat. 1)   | 1.000 mg/kg<br>(GV for, hvornår arsenforbindelser gør et produkt farligt) |
|                  |   | 30.000 mg/kg<br>(GV for hvornår produkt m. metallisk arsen er farligt)    |

**Figur 1:** *Figuren viser i hvilket omfang et arsenholdigt restprodukt må anvendes efter restproduktbekendtgørelsen ved stigende koncentration af arsen (bem. logaritmisk skala). Ved mindre end 20 mg/kg falder restproduktet i restproduktbekendtgørelsens "Kategori 1" og kan, under forudsætning af, at bestemte eluatværdier samtidig overholdes, anvendes "frit" til de af bekendtgørelsen omfattede anlægsarbejder. Ved koncentrationer >20 mg/kg afhænger anvendelse af eluatværdien og ved koncentrationer >1.000 mg/kg kan restproduktet være klassificeret som farligt (nemlig hvis arsen forekommer som "forbindelser af arsen", som ifølge listen over farlige stoffer har en særlig grænseværdi på 1000 mg/kg). Ved koncentrationer > 30.000 mg/kg skal restproduktet **altid** klassificeres som farligt affald, eftersom arsen på metallisk form gør produkter (affald) farlige ved denne koncentration! Arsenen vil således gøre affaldet farligt enten fordi det forekommer som en forbindelse heraf (med GV på 1.000 mg/kg) eller fordi det i sig selv som metallisk arsen gør affaldet farligt. Se teksten for nærmere forklaring.*

Ved screening af, om jord eller restprodukter er farlige eller ej, kan et praktisk udgangspunkt være at antage, at de toksiske metaller forekommer som "-forbindelser" og så se bort fra de mere eller mindre eksotiske forbindelser, der er klassificeret særskilt.

Arsen er et af de toksiske metaller, hvor "-forbindelser" er klassificeret. Det samme gælder for bly, cadmium, chromVI og kviksølv (se oversigten i tabel 3).

To af disse metaller (arsen og kviksølv) er desuden klassificerede på metallisk form. For disse to vil altid gælde, at jord og restprodukter, der indeholder større koncentrationer end grænseværdien for metallisk form, **altid skal klassificeres** som farlige mens restprodukter og jord, der indeholder større koncentrationer end grænseværdien for "-forbindelser" **kan være klassificerede som farlige**.

For de øvrige toksiske metaller gælder, at de i princippet godt kan findes enten på metallisk form eller i form af en forbindelse, der ikke er klassificeret, hvorfor man her ikke kan anlægge det samme ræsonnement. Her må man kende den eksakte form, det toksiske metal findes på, men en pragmatisk tilgang vil være altid at antage, at det findes som ”-forbindelser”, og så bruge grænseværdien herfor som ”alarmklokke”.

For de toksiske metalforbindelser, hvor *-forbindelser*” ikke er klassificeret, men hvor forskellige specifikke forbindelser er klassificeret (det gælder kobber, nikkel og zink), anbefales det at anvende de klassificeringer, der findes for forskellige forbindelser af metaller, og udfra forsigtighedsprincippet da at vælge de laveste grænseværdier.

For toksiske metalforbindelser, der er klassificerede, men ikke forsynet med ”Anmærkning 1”, anbefales det ved screening alligevel at anvende den grænseværdi, som opgives for den pågældende forbindelse, udelukkende på metallet – d.v.s. antage, at metallet udgør 100% af vægten. Hvis de indgående metalforbindelser er nøje kendt, kan den eksakte grænseværdi beregnes – se herfor i afsnit 7.

Nedenfor – i afsnit 5 - er anført en oversigt over generelle grænseværdier for toksiske metaller, som kan anvendes ved screening.

I guidelinens bilag II er opført samtlige de toksiske metalforbindelser og metaller, der p.t. er klassificerede og optaget på den officielle liste over farlige stoffer, idet klassificering og grænseværdi for, hvornår metallet/forbindelsen vil gøre affald farligt, er anført. Tillige er det anført, om metallet/forbindelsen er udstyret med ”Anmærkning 1”.

## 5. Oversigt over grænseværdier for toksiske metalforbindelser

I tabel 4 er oplyst dels grænseværdierne for kategori 1-produkter af de toksiske metaller, som må forefindes i jord og restprodukter, der "frit" kan (gen)anvendes efter restproduktbekendtgørelsen, dels klassificeringen af forbindelser af de samme toksiske metaller i h.t. bekendtgørelse af listen over farlige stoffer og endelig grænseværdien for, hvornår de pågældende forbindelser gør produkter/affald farlige. Forbindelser af arsen, bly, cadmium og kviksølv er alle forsynet med "Anmærkning 1" i listen over farlige stoffer, hvorfor det er koncentrationen af *metallet* (og ikke *forbindelsen*), der skal overholde grænseværdien. Jf. Miljøstyrelsens udkast til vejledning i farligt affald kan samme ræsonnement anvendes også på de øvrige metalforbindelser i forbindelse med screening af, om et givent restprodukt eller jord skal klassificeres som farligt.

| Metal        | GV, Kategori 1, mg/kg | Klassificering, "forbindelse af.."             | GV, forbindelse mg/kg                  | GV, metallisk <sup>0)</sup> mg/kg |
|--------------|-----------------------|--|--|-----------------------------------|
| Arsen        | 20                    | T;R23/25 N;50/53                               | 1000 <sup>1)</sup>                     | 30.000 <sup>2)</sup>              |
| Bly          | 40                    | Rep1;R61 Xn;R20/22<br>R33 N;R50/53<br>Rep3;R62 | 5000                                   | -                                 |
| Cadmium      | 0,5                   | Xn ;R20/21/22<br>N;R50/53                      | 1000 <sup>1)</sup>                     | -                                 |
| Chrom, total | 500                   |  |  | -                                 |
| Chrom (VI)   | 20                    | Carc2 ;R49 R43<br>N;R50/53                     | 1000 <sup>3)</sup>                     | -                                 |
| Kobber       | 500                   | Xn ;R22 <sup>4)</sup>                          | 250.000                                | -                                 |
| Kviksølv     | 1                     | Tx ;R26/27/28 R33<br>N;R50/53                  | uorg.: 1000<br>org.: 500 <sup>1)</sup> | 30.000 <sup>5)</sup>              |
| Nikkel       | 30                    | Carc1;R49 R43 <sup>6)</sup>                    | 1000 <sup>3)</sup>                     | 10.000 <sup>7)</sup>              |
| Zink         | 500                   | C;R34 <sup>8)</sup>                            | 50.000                                 | -                                 |

0) Dog ikke i legeringer (skal ikke klassificeres som farlige).

1) Særlig grænseværdi i h.t. bekendtgørelse af liste over farlige stoffer

2) Klassificeret som "Giftig", T ;R23/25

3) Er i den danske bekendtgørelse p.t. ikke "note 2"-mærket (se tabel 2), men bliver det formentlig pr. 01.01.02.

4) Listen over farlige stoffer rummer ikke betegnelsen "kobberforbindelser", men flere kobberforbindelser er klassificeret som sundhedsskadelige (Xn ;R22). Nogen kobberforbindelser er klassificeret som N ;R50/53 (akut og langtidsvirkende effekt på vandmiljøet). Der arbejdes p.t. på udvikling af grænseværdier for miljøfarlige stoffer i EU.

5) Klassificeret som T;R23 R33 N;R50/53

6) Listen over farlige stoffer rummer ikke betegnelsen "nikkelforbindelser", men flere nikkelforbindelser (bl.a. oxider af nikkel) er klassificeret som kræftfremkaldende, kategori 1.

7) Klassificeret som Kræftfremkaldende, kategori 3, Carc3 ;R40 R43, og er "note 2"-mærket (se tabel 2)

8) Listen over farlige stoffer rummer ikke betegnelsen "zinkforbindelser", men visse zinforbindelser er klassificeret som ætsende.

**Tabel 4:** *Oversigt over grænseværdier for, hvornår forbindelser af toksiske metaller samt toksiske metaller på metallisk form gør et restprodukt eller jord til farligt affald.*

De anførte grænseværdier kan således tages som indikation på, hvornår man skal være særlig opmærksom på, om et givet restprodukt eller jord skal klassificeres som farlig. For de tre toksiske metaller, der også skal klassificeres som farlige på metallisk form, er grænseværdierne herfor tillige angivet. Overskrides disse grænseværdier, skal restproduktet/jorden som udgangspunkt altid klassificeres som farligt affald. For nikkels vedkommende dog med den modifikation, at det i princippet godt kan forekomme på en form, der ikke er klassificeret.

## 6. Klassificering ved flere toksiske metaller samtidig

Forekommer en toksisk metalforbindelse eller et toksisk metal, der også på metallisk form skal klassificeres som farligt, i et restprodukt/jord sammen med andre metaller/metalforbindelser med *samme egenskaber*, skal summen af koncentrationer overholde grænseværdien (når bortses fra de "note 2-mærkede" værdier i tabel 2). Bemærk, at såfremt man nærlæser klassificeringsbekendtgørelsen skal stoffer med akut dødelige virkninger summeres – i ørigt uanset optagelsesvej. Det betyder, at alle stoffer med R-sætningerne 20-28 skal summeres (se nedenstående oversigt):

|             | Sundhedsskadelig (Xn) | Giftig (T) | Meget giftig (Tx) |
|-------------|-----------------------|------------|-------------------|
| Inhællation | R20                   | R23        | R26               |
| Hudkontakt  | R21                   | R24        | R27               |
| Indtagelse  | R22                   | R25        | R28               |

I det omfang, man ikke præcist kender den kemiske sammensætning af metalforbindelser, og derfor må ty til de i tabel 4 anførte metalforbindelser, ses det, at følgende forbindelser af toksiske metaller samt metallisk forekommende metaller skal lægges sammen: arsenforbindelser og metallisk arsen (T ;R23/25), cadmiumforbindelser (Xn ;R20/21/22), kviksølvforbindelser (organiske og uorganiske – Tx ;R26/27/28) samt metallisk kviksølv (T ;R23).

Imidlertid har de forskellige forbindelser og metaller vidt forskellige grænseværdier, og der gælder her særlige regler for sammenlægning, som fremgår af klassificeringsbekendtgørelsen<sup>6</sup>. De siger, at summen af de enkelte koncentrationer, divideret med de respektive grænseværdier, skal være mindre end 1, hvis produktet skal kunne undgå klassificering som farligt. Ud over, at de i tabel 4 anførte grænseværdier således skal være overholdt for hver af de enkelte metaller/metalforbindelser, gælder altså følgende:

**Koncentrationen af: arsenforbindelser/1000 + metallisk arsen/30.000 + cadmiumforbindelser/1000 + kobberforbindelser/250.000 + uorg. kviksølvforbindelser/1000 + org. kviksølvforbindelser/500 + metallisk kviksølv/30.000 < 1**

Da man i praksis sjældent ved, på hvilken form metallerne forekommer, må en screening tage udgangspunkt i værdierne i tabel 4, idet det ud fra forsigtighedsprincippet bør antages, at kviksølv forekommer på den farligste form, d.v.s. som organisk kviksølv. For at undgå for mange mellemregninger kan udsagnet ovenfor tillige ganges igennem med faktor 1000, hvorved fremkommer følgende forenkede screenings-check:

$$\text{As} + \text{Cd} + 2 \times \text{Hg} + \text{Cu}/250 < 1000$$

eller m.a.o.: Koncentrationerne, målt i mg/kg, af arsen og cadmium + koncentrationen af kviksølv, multipliceret med 2 + koncentrationen af kobber, divideret med 250 skal være mindre end 1000 mg.

Hertil kommer, at såvel chrom<sub>VI</sub>-forbindelser som nikkelforbindelser skal klassificeres som Kræftfremkaldende, kategori 1 & 2, men pr. 01.01.02 bliver sådanne stoffer formentlig "note 2-mærket", og skal følgelig ikke adderes.

<sup>6</sup> Miljø- og energiministeriets bekendtgørelse nr. 1065 af 30. november 2000 om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring af kemiske stoffer og produkter (nærmere betegnet i bilag 1, afsnit 3).

## 7. Beregning af grænseværdi ved kendt indhold af toksisk metalforbindelse

I listen over farlige stoffer, som anfører hvorledes ca. 5000 kemiske stoffer skal klassificeres, kan genfindes en række toksiske metalforbindelser og deres klassificering.

Såfremt et givent restprodukt/jord indeholder en bestemt toksisk metalforbindelse, som er optaget på listen over farlige stoffer (og som ikke er forsynet med "Anmærkning 1"), kan den præcise grænseværdi for, hvornår restproduktet/jorden skal klassificeres som farligt affald beregnes.

Her gives et eksempel med arsen-forbindelsen arsensyre:

| Stoffets betegnelse                   | Klassificering                 | GV mg/kg | Tungmetallets andel af arsensyre (vægt-%) | Resulterende grænseværdi |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------|---|--------------------------|
| arsensyre og dets salte<br>$H_3AsO_4$ | Carc1;R45 T;R23/25<br>N;R50/53 | 1000     | 53  | 530 mg/kg                |

Arsensyre er klassificeret dels som Kræftfremkaldende, kategori 1 (Carc1 ;R45), som jf. affaldsbekendtgørelsens bilag 4 højst må forekomme i en koncentration på 0,1% (1.000 mg/kg), førend affaldet skal klassificeres som farligt (se også tabel 2), dels som giftigt (T ;R23/25), som højst må forekomme i en koncentration på 3%. Endvidere er stoffet klassificeret som havende akut og langtidsvirkende effekt på vandmiljøet (N;R50/53, men her er ikke fastsat nogen grænseværdi.

Her vælges den laveste grænseværdi, som er 1000 mg/kg

Den kemiske formel for arsensyre er  $H_3AsO_4$ . Atomvægtene for de indgående stoffer er hhv. 1 (H), 75 (As) og 16 (O). Det ses heraf, at arsen udgør 53% (vægt) af stoffet arsensyre. Hvis m.a.o. al arsen i et restprodukt forekommer som arsensyre, vil grænseværdien for kræftfremkaldende, kategori 1 blive overskredet, når arsenkoncentrationen overstiger 0,053% (eller 530 mg/kg TS) - eller man kan omvendt sige, at det målte arsenindhold skal multipliceres med  $1000/530 = 1,886$  hvis man vil finde ud af, hvor meget arsensyre, der er i restproduktet.

I praksis vil kendskabet til det præcise indholdsstof imidlertid sjældent være tilstede, ligesom sandsynligheden for, at den pågældende forbindelse er klassificeret i listen over farlige stoffer er begrænset.

Udgangspunktet vil derfor typisk være, at man må antage, at de toksiske metaller findes i restproduktet/jorden som det, der i listen er anført som "forbindelser af...".

## 8. Konkret anvendelse på forbrændingsslagge

Nedenfor søges klassificerings-guiden konkret anvendt på forbrændingsslagge.

På DAKOFAs konference den 21. august 2000 fremlagde Jens Christian Hansen, Sønderborg Kraftvarmeværk I/S således en række nyere data vedr. såvel faststofkoncentrationer som eluatværdier fra forbrændingsslagge fra en snes danske forbrændingsanlæg.

I tabel 5 er gengivet intervallet for faststofkoncentrationer, sammenholdt med grænseværdien for "metalforbindelser", jfr. tabel 4. Det ses, at forbrændingsslagge generelt ligger godt og vel under grænseværdierne for farligt affald.

| Metal        | GV, Kategori 1, mg/kg | Interval i 20-25 slagge-prøver mg/kg | GV, farligt affald, forbindelse mg/kg | GV, farligt affald, Metallisk Mg/kg |
|--------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Arsen        | 20                    | 8,3-31                               | 1000                                  | 30.000                              |
| Bly          | 40                    | 420-3340                             | 5000                                  | -                                   |
| Cadmium      | 0,5                   | 1,0-4,7                              | 1000                                  | -                                   |
| Chrom, total | 500                   | 72-330                               |                                       | -                                   |
| Chrom (VI)   | 20                    |                                      | 1000                                  | -                                   |
| Kobber       | 500                   | 1700-7500                            | 250.000                               | -                                   |
| Kviksølv     | 1                     | <0,1 <sup>1)</sup>                   | uorg.: 1000                           | 30.000                              |
|              |                       |                                      | org.: 500                             |                                     |
| Nikkel       | 30                    | 57-140                               | 1000                                  | 10.000                              |
| Zink         | 500                   | 1900-4500                            | 50.000                                | -                                   |

1) Kviksølv er ikke målt i de konkrete undersøgelser, men er udtryk for en gennemsnitsbetragtning, baseret på tidligere analyser af slagge.

**Tabel 5:** *Målte faststofkoncentrationer af toksiske metaller i forbrændingsslagge, sammenholdt med grænseværdier for, hvornår slagge kan anvendes frit efter restproduktbekendtgørelsen (Kategori 1) og hvornår toksiske metalforbindelser og toksiske metaller kan gøre affald farligt.*

Den eneste metalforbindelse, der nærmer sig grænseværdien, er bly, men det forekommer efter det oplyste typisk på metallisk form.

Også hvis der checkes for summen af koncentrationer (jf. reglerne herfor – se afsnit 6) ses slaggen at overholde:

$$31 \text{ (As)} + 4,7 \text{ (Cd)} + 7.500/250 \text{ (Cu)} + 2 \times 0,1 \text{ (Hg)} = 65,9$$

- eller *meget* mindre end 1000, også selv om det antages, at samtlige metaller findes som forbindelser.

Checkes tillige for egenskaben kræftfremkaldende, som indtil 1. januar 2002 også skal adderes, ses slaggen også at overholde:

$$330 (\text{Cr}) + 140 (\text{Ni}) = 470 (<1000)$$

- også selv om det antages, at al chrom i slaggen forekommer som Cr(VI).

Opmærksomheden skal dog henledes på, at dersom der fastsættes en grænseværdi farlige stoffer med akut og langtidsvirkende effekt på vandmiljøet (N;R50/53), kan dette få betydning for så vidt angår visse bly- og kobberforbindelser, alt afhængig af, hvor lavt grænseværdien bliver sat.



## Bilag I

Oversigt over farebetegnelser og R-sætninger, der indgår i klassificering af farligt affald (kun R-sætninger, der konkret anvendes ved klassificering, er medtaget).

### Farebetegnelser:

|     |                    |
|-----|--------------------|
| Tx: | Meget giftig       |
| T:  | Giftig             |
| Xn: | Sundhedsskadelig   |
| C:  | Ætsende            |
| Xi: | Lokalirriterende   |
| E:  | Eksplosiv          |
| Fx: | Yderst brandfarlig |
| F:  | Meget brandfarlig  |
| O:  | Brandnærende       |
| N:  | Miljøfarlig        |

### R-sætninger:

|      |   |
|------|---|
| R1:  | Eksplosiv i tør tilstand  |
| R2:  | Eksplodingsfarlig ved stød, gnidning, ild eller andre antændelseskilder       |
| R3:  | Meget eksplosionsfarlig ved stød, gnidning, ild eller andre antændelseskilder |
| R10: | Brandfarlig   |
| R11: | Meget brandfarlig   |
| R12: | Yderst brandfarlig  |
| R20: | Farlig ved indånding  |
| R21: | Farlig ved hudkontakt   |
| R22: | Farlig ved indtagelse   |
| R23: | Giftig ved indånding  |
| R24: | Giftig ved hudkontakt   |
| R25: | Giftig ved indtagelse   |
| R26: | Meget giftig ved indånding  |
| R27: | Meget giftig ved hudkontakt   |
| R28: | Meget giftig ved indtagelse   |
| R34: | Ætsningsfare  |
| R35: | Alvorlig ætsningsfare   |
| R36: | Irriterer øjnene  |
| R37: | Irriterer åndedrætsorganerne  |
| R38: | Irriterer huden   |
| R39: | Fare for varig alvorlig skade på helbred                                      |
| R40: | Mulighed for varig skade på helbred   |
| R41: | Risiko for alvorlig øjenskade   |
| R42: | Kan give overfølsomhed ved indånding  |
| R43: | Kan give overfølsomhed ved kontakt med huden                                  |

- R45: Kan fremkalde kræft  
R46: Kan forårsage arvelige genetiske skader
- R48: Alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning  
R49: Kan fremkalde kræft ved indånding  
R50: Meget giftig for organismer, der lever i vand  
R51: Giftig for organismer, der lever i vand  
R52: Skadelig for organismer, der lever i vand  
R53: Kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet  
R54: Giftig for planter og dyr  
R55: Giftig for dyr  
R56: Giftig for organismer i jordbunden  
R57: Giftig for bier  
R58: Kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i miljøet  
R59: Farlig for ozonlaget  
R60: Kan skade forplantningsevnen  
R61: Kan skade barnet under graviditeten  
R62: Mulighed for skade på forplantningsevnen  
R63: Mulighed for skade på barnet under graviditeten