



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen

# Vurdering af nye stoffer

i forhold til jordforureninger

---

- **Indlæggets forfatter:**

- Katrine Smith

- AC-tekniker i enheden Jord og Affald i Miljøstyrelsen

- Civilingeniør

- Email: [kasmi@mst.dk](mailto:kasmi@mst.dk)



## Indhold

---

- Tilblivelsen af et nyt kvalitetskriterium
- Fastsættelse af kvalitetskriterier
- Vurdering af en jordforurening ud fra kvalitetskriterier



## Hvad skal kvalitetskriterier?

---

- De skal medvirke til at forebygge forurening og skader på sundheden
- Danner basis for en række vurderinger af forureningen af administrativ karakter



## Tilblivelse af et nyt jordkvalitetskriterium

---

- Beslutning om nyt kvalitetskriterium
- Sundhedsmæssig vurdering af stoffet ud fra toksikologiske data
- Styregrupper
- Administrative/tekniske overvejelser
- Offentliggørelse



## Fastsættelse af kvalitetskriterier

---

- Fastsættes på baggrund af vejledning nr. 5, 2006 fra Miljøstyrelsen: Metoder til fastsættelse af kvalitetskriterier for kemiske stoffer i jord, luft og drikkevand med henblik på at beskytte sundheden
- Tilhørende faglig rapport: Miljøprojekt nr. 974, Miljøstyrelsen (2005): Principper for sundhedsmæssig vurdering af kemiske stoffer med henblik på fastsættelse af kvalitetskriterier for luft, jord og vand.
- Datablade for de forskellige stoffer:  
[www.mst.dk/Virksomhed\\_og\\_myndighed/Kemikalier/Graen\\_sevaerdier/Datablade\\_for\\_stoffer\\_med\\_jord\\_og\\_drikkevand\\_skvalitetskriterier](http://www.mst.dk/Virksomhed_og_myndighed/Kemikalier/Graen_sevaerdier/Datablade_for_stoffer_med_jord_og_drikkevand_skvalitetskriterier)



## POLYCYKLISKE AROMATISKE KULBRINTER (PAH)

Jordkvalitetskriterier:

0,3 mg benzo[a]pyren/kg

0,3 mg dibenz[a,h]anthracen/kg

4 mg/kg for sum af benzo[a]pyren, dibenz[a,h]anthracen, fluoranthen, benzo[b]fluoranthren og indeno[1,2,3-cd]pyren

Polycykliske aromatiske kulbrinter / hydrocarboner (PAH) er en gruppe af kulbrinter opbygget af to eller flere aromatiske ringe og består af såkaldte afluorerede ringe. Naphthalen er den simpleste PAH med 2 aromatiske ringe. Benzo[a]pyren (BaP) er den bedst undersøgte PAH og benyttes ofte som marker for PAH. Vandopløseligheden falder med stigende antal aromatiske ringe. Oploseligheden af naphthalen er 30 g/liter, mens opløseligheden af PAH'er med fire og 5 ringe ligger væsentligt under 1 mg/l.



### Miljømæssige forhold

PAH er naturligt forekommende komponenter i kul og olie, men kan også dannes ved termiske forarbejdningsprocesser af olie- og kulprodukter. PAH dannes også ved forbrændingsprocesser og afbrænding af organisk materiale. Udfaldstendigt forbrænding fremmer dannelsen af PAH. PAH udslæt til miljøet fra en række forskellige kilder, herunder væsentligste kilder er fra bilmotorene, trafik, affaldforbrænding samt røkgøgning og madlavning.

I luften er PAH'er væsentlige bundet til stødpartikel. I byområder er nedfald af disse partikler en væsentlig årsag til PAH-forurening overfladegodt. Jord kan også være forurenet med PAH fra viltkædet, der har et naturligt og/eller menneskeligt produktionsforhold. I den forbindelse er og genereres, men som følge af deponering af slam og andet affald. Baggrundniveauet for dansk jord uden belastning fra partikler eller trafik domineres af ca. 0,01 mg/kg BaP og ca. 0,06 - 0,6 mg total PAH/kg, baseret på målinger fra landbrugsarealer samt arealer uden langvarig vandbelastning fra trafik.

PAH er generelt kronisk stabile forbindelser, men ved tilstedeværelse af ilt kan akkumulering og fotooxydering. I jord kan PAH også metaboliseres mikrobielt. Halveringstiden for aerob biologisk nedbrydning af PAH i jord under naturlige forhold er 6-16 år. Det er herunderlagt de lette komponenter, der nedbrydes. Rensningsringens dominans af de tungere, mere stabile stoffer.

### Human eksponering

Den gennemsnitlige befolkning (ikke-rygere) udsættes primært for PAH via levnedsmidler (90%) samt ved inhalation af forurenet luft (<10%). Indtagelse af BaP via føde er højst af varierende størrelse ca. 4 mg/kg legemsvægt pr. dag for børn (EU 2002). Andre dagvareindtagelser er indtagelse af forurenet støv og jord samt huskvalitet med produkter indeholdende PAH som føde tilsætningsstoffer. Børn indtager i gennemsnit 0,1 g jord per dag i de første 1-3 år af deres liv.

### Optagelse, omdannelse og udskillelse

Man optager BaP hurtigt efter oral indtagelse, og optagelsen fra føde er ca. 20-80%. Efter optagelse fordøjes PAH til store og små organer og opbeholdt i fedtige organer og væv, hvor de er tilførende sker en langsom frigivelse. PAH kan overføres til fosteret gennem moderkagen, ligesom det også er et udskillelses i modermilk. PAH omdannes til en række forskellige metabolitter i leveren, og PAH samt metabolitterne udskilles primært med galden og dermed feces, men en mindre del af den optagne dosis udskilles via urin.

### Sundhedsmæssige effekter

PAH har lav til moderat toksicitet i forsøgdyr. Ved langvarig vandig eksponering, for PAH er en række forskellige effekter som f.eks. effekter på forskellige blodparametre (hæmolytiske effekter), lever og nyre, immunsystem, samt reproduktion og fosterudvikling. For BaP kan man se et mul-effekt niveau (NOAEL) på 3 mg/kg baring for effekter på leveren baseret på et 13-ugers studie i rotter samt for effekter på immunsystemet baseret på et 33-dages studie også i rotter. På

baggrund af de eksisterende data kan der ikke vurderes et NOAEL for effekter af BaP på reproduktion og fosterudvikling.

En række PAH giver skader på arvsmaterialet (mutagen og/eller genotoksisk effekt). Binding af PAH til DNA er vist i en række eksperimentelle studier, ligesom der også hos mennesker er fundet såkaldte DNA addukter (indikation på binding til DNA) udskilt i urinen.

En række PAH virer som karcinogener og en række komplekse forbindelser, som indeholder PAH, er klassificeret som farlige og giver tumorer i bl.a. i mave-tarmkanalen, leveren og langsomt efter et indtag.

Hos mennesker giver PAH tumorer i langsomt efter indtagelse. Der er ingen humane data, men et vist karreforholdende forhold af PAH efter indtagelse.

### Reguleringer / vurderinger

Klassificering: BaP: Carc. 2, R45 Mut. 2, R46 Rep. 2, R60-61 NRS 0-33.

B-værdi: Støvsøjteknik 3%, 0,000016 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

Støvsøjteknik 10%, 0,000004 mg/m<sup>3</sup>, Mgr. 1

baggrund af de eksisterende data kan der ikke vurderes et NOAEL for effekter af BaP på reproduktion og fosterudvikling.

En række PAH giver skader på arvsmaterialet (mutagen og/eller genotoksisk effekt). Binding af PAH til DNA er vist i en række eksperimentelle studier, ligesom der også hos mennesker er fundet såkaldte DNA addukter (indikation på binding til DNA) udskilt i urinen.

En række PAH virer som karcinogener og en række komplekse forbindelser, som indeholder PAH, er klassificeret som farlige og giver tumorer i bl.a. i mave-tarmkanalen, leveren og langsomt efter et indtag.

### Kvalitetskriterium baseret på usikkerhedsfaktorer

Som et alternativ til den konervative maksimale vurdering anvendes der fordelte og maksimale for PAH's carcinogenitet kan vurderes ud fra en usikkerhedsfaktor. Det er en sådan vurdering der Anvendelse af usikkerhedsfaktor har brug udgangspunkt i. De fordelte vurderer såkaldt 'usikkerhedsfaktor' på 80 mg BaP/kg legemsvægt, der beregnes ud fra en beregnet dosis på 0,362 mg BaP/kg legemsvægt (beregnet ud fra et af de nye studier i mus) og under anvendelse af en såkaldt usikkerhedsfaktor på 4500. Usikkerhedsfaktoren består af en faktor på 10, for mennesker kan være mere eller mindre end forsøgdyr, en faktor på 10 for at beskytte modige følelses mennesker, en faktor på 5 fordi den karreforholdende effekt af PAH med al sandsynlighed kan tilføjes omend til et skade aromatiske (genotok) - en effekt for hvilken, derud fra den normale ikke-kan fastsætte en andre doser for effekt og en faktor på 99 da den karreforholdende effekt. Denne vurdering af PAH's karreforholdende mekanisme er efterfølgende såkaldt af EFSA.

Et sundhedsmæssigt baseret kvalitetskriterium for total PAH (alle karreforholdende PAH) i jord baseret på børns jordspilning beregnes til 0,28 mg BaP/kg jord ud fra en dosis på 80 mg BaP/kg legemsvægt under forudsættelse af at et barn på 13 kg i gennemsnit indtager 0,1 g jord per dag.

\* baseret på den indhold af BaP

## TDI – Tolerabelt Dagligt Indtag

---

- **For stoffer med tærskelværdi:** TDI beregnes på baggrund af No<sub>1</sub>-effektniveau eller laveste effektniveau
- Desuden anvendes usikkerhedsfaktorer:
  - Ekstrapolation af data fra dyr til mennesker
  - Følsomme individer
  - Kvalitet i data
- **For kræftfremkaldende stoffer uden tærskelværdi:**

TDI er den daglige gennemsnitseksposering, der ud fra teoretiske beregninger svarer til en forøget risiko for cancer på 1 ud af en million mennesker der er udsat for stoffet gennem en livstid.





## Udregning af kvalitetskriterium – eksempel for jord

---

- $\text{Jordkvalitetskriterium} = (\text{TDI} * \text{V} * \text{f}) / \text{E}$ 
  - TDI i mg/Kg legemsvægt/dag
  - V er legemsvægt i kg (13 kg for et barn)
  - f er allokeringfaktor, dvs. hvor meget er eksponeringen af stoffet fra f.eks. Jord
  - E daglig udsættelse af f.eks. Jord. (1 g/dag for et barn)
  
- Når den kritiske effekt er akut toksicitet anvendes
  - Tolerabel enkeltdosis i stedet for TDI\*f.
  - Maksimal enkeltindtag af jord (10 g)



## Andre overvejelser for jordkvalitetskriterier

---

- Der tages også hensyn til lugt og udseende (klumper eller misfarvning)
- Baggrundsniveau af et givent stof
- Tekniske/Økonomiske overvejelser
- Analysemetoder



## Andre overvejelser for jordkvalitetskriterier

---

- Biotilgængelighed af jordforureninger:
- Nogle forureninger binder sig kraftigt til jordpartikler og kan medføre en reduceret biotilgængelighed
- Miljøprojekt nr. 1088, 2006 – Bly, cadmium, nikkel, PAH
- Region Sjælland og Miljøstyrelsen er i gang med forsøg vedr. biotilgængelighed af arsen



## Vurdering af en jordforurening

---

- Liste over vejledende kvalitetskriterier i relation til forurenede jord:
  - Jordkvalitetskriterier
  - Afskæringskriterier
  - Grundvandskvalitetskriterier
  - Afdampningskriterier

[www.mst.dk/Virksomhed\\_og\\_myndighed/Kemikalier/Graen  
sevaerdier/GV\\_for\\_jord](http://www.mst.dk/Virksomhed_og_myndighed/Kemikalier/Graen_sevaerdier/GV_for_jord)

- Kriterierne skal overholdes hver for sig



## Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand

Følgende lister er tænkt som en hjælp til kommuner, regioner, embedslæger, rådgivere og andre, der beskæftiger sig med jordforurening:

1. en liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord for en række kemiske forureninger, der kan forekomme i jorden (side 4)
2. danske kvalitetskriterier for drikkevand for nogle udvalgte stoffer, som ikke er omfattet af Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (side 12).

Kriterierne under ovennævnte pkt. 1 anvendes ved vurdering af jordforurening, jf. en række vejledninger fra Miljøstyrelsen:

Vejledning nr. 2, 2009, Miljøstyrelsen: "Undersøgelse og oprensning af forurening fra villaolietanke"  
 Vejledning nr. 1, 2008, Miljøstyrelsen: "Branchervejledning for forurenede ranserigrunde"  
 Vejledning nr. 8, 2000, Miljøstyrelsen: "Kortlægning af forurenede arealer"  
 Vejledning nr. 7, 2000, Miljøstyrelsen: "Rådgivning af beboere i lettere forurenede områder"  
 Vejledning nr. 13, 1998, Miljøstyrelsen: "Prøvetagning og analyse af jord"  
 Vejledning nr. 11, 1998, Miljøstyrelsen: "Branchervejledning for benzín- og olieforurenede grunde"  
 Vejledning nr. 10, 1998, Miljøstyrelsen: "Branchervejledning for forurenede tjærev/asfaltgrunde"  
 Vejledning nr. 9, 1998, Miljøstyrelsen: "Branchervejledning for forurenede grusvarigrunde"  
 Vejledning nr. 8, 1998, Miljøstyrelsen: "Branchervejledning for forurenede træningsgræningsgrunde"  
 Vejledning nr. 7, 1998, Miljøstyrelsen: "Oprydning på forurenede lokaliteter - Appendikser"  
 Vejledning nr. 6, 1998, Miljøstyrelsen: "Oprydning på forurenede lokaliteter - Hovedbind"

## Liste over kvalitetskriterier for jord.

Listen over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord er udarbejdet ud fra tidligere publikationer fra Miljøstyrelsen – hovedsageligt Miljøprojekt nr. 12 (1995): "Toxicologiske kvalitetskriterier for jord- og drikkevand" (1) og Vejledning nr. 6 (1998): "Oprydning på forurenede lokaliteter – hovedbind" (2), hvoraf enkelte værdier siden er blevet ændret. Derudover indeholder listen nye værdier, der er udarbejdet senere, og som ikke findes i andre publikationer. Værdierne i listen er de gældende, vejledende værdier fra Miljøstyrelsen.

Stofnavn	CAS-nr	Jord-kvalitet-kriterium mg/kg	Afilterings-kriterium mg/kg	Grundvands-kvalitet-kriterium µg/liter	Afdampnings-kriterium mg/m <sup>3</sup>
Acetone	67-64-1	-	-	10	0,4
Acrylonitril	107-02-8	0,1	-	0,1	0,00004
Aldrin	309-00-2	-	-	0,03	-
Alkylbenzener, aromatiske kulbrinter	-	-	-	1 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>
Arсен, uorganisk	-	20	20	8	-
Barium, uorganisk	-	100	-	-	-
Benzen	71-43-2	1,5	-	1	0,00013
Benzotriazol (+ tolyltriazol)	95-14-7	30	-	-	-
Bly, uorganisk	-	40	400	1	-
Bor	-	-	-	300	-
Butylacetat (n-, iso-)	123-84-4 110-19-0	-	-	10	0,1
Cadmium	-	0,5	5	0,5	-
Captafol	2425-06-1	10	-	0,1	-
Chloroform	67-66-3	50	-	-	0,02
Flygtige organiske chlorforbindelser <sup>1</sup>	-	-	-	1	-
Sum af flygtige organiske chlorforbindelser	-	-	-	3	-
Chlorphenoler (sum af mono-, di-, tri- og tetra-phenoler)	-	3	-	0,1	2 x 10 <sup>-6</sup>
Chrom (VI)	-	20	-	1	-
Chrom (III + VI)	-	500	1000	25	-
Cyanider, uorganiske	-	500	-	50	-
Cyanider, syreflygtige	-	10	-	-	0,06

<sup>1</sup> Ved flygtige organiske chlorforbindelser forstås: di- og trichloroethan, dichloroethene, 1,2-dichloroethan, trichloroethen, trichloroethaner, tetrachloroethen og tetrachloroethaner. Grundvandskvalitetskriteriet gælder for det enkelte stof. Se i øvrigt Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 af 11. december 2007.

- 
- **Jordkvalitetskriteriet** er det forebyggende niveau. Anvendes til at vurdere om en jordforurening har betydning for en fri anvendelse af jorden til f.eks. Bolig eller børneinstitution.
  - **Afskæringskriteriet** fastsættes på baggrund af jordkvalitetskriteriet. Den kritiske effekt må ikke være akut toksisk, stoffet skal være immobil i jord og der må ikke være lugtgener eller misfarvninger.
  - Rådgivningsinterval. Ved rådgivning kan eksponering af jord nedsættes.



- 
- **Grundvandskvalitetskriterier** anvendes i forbindelse med vurdering af nedsivning fra jordforureninger til grundvandet. De er fastsat på baggrund af drikkevandskvalitetskriterierne, så de kan overholdes. Tager højde for øvrige bidrag af stoffet, f.eks. afgivelse af stoffet fra distributionssystemet.
  - **Afdampningskriteriet** er det bidrag, som afdampningen maksimalt må udgøre ved påvirkning af indeklimaet eller udeluft. Der er tale om en bidrags-værdi og ikke en total-værdi. Afdampningskriteriet er som udgangspunkt lig med luftkvalitetskriteriet.



- 
- Bekendtgørelse om definition af lettere forurenede jord

Bekendtgørelse nr. 554 af 19/05-2010

Fastsætter kriterier for lav-mobile stoffer

- Jordflytningsbekendtgørelsen

Bekendtgørelse nr. 1479 af 12/12-2007

Fastsætter kriterier for kategori 1 og kategori 2 jord





- 
- Tak for opmærksomheden

