

# **Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen**

**Nr. 15 1996**

**Forholdsregler mod  
forurenset jord**

**Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen**  
**Nr. 15 1996**

**Forholdsregler mod  
forurenset jord**

Dansk Toksikologi Center  
Vandkvalitetsinstituttet

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.

# Indholdsfortegnelse

Forord .....	5
Resumé .....	7
Summary in English .....	9
Indledning .....	11
Beskrivelse af scenarier .....	14
<b>Scenarie A: Parker</b> .....	15
<b>Scenarie B: Prydhaver eller fællesarealer i         forbindelse med boliger</b> .....	16
<b>Scenarie C: Nyttehaver</b> .....	16
<b>Daginstitutioner</b> .....	17
<b>Sportsanlæg</b> .....	18
Indsatsværdier for udvalgte stoffer .....	19
<b>Benzen</b> .....	21
<b>Benzo[a]pyren (BaP)</b> .....	22
<b>Bly</b> .....	24
<b>Cadmium</b> .....	26
<b>Nikkel</b> .....	29
Risikohåndtering .....	32
<b>Rådgivning af brugere</b> .....	32
<b>Scenarioskift</b> .....	33
<b>Total afskæring af eksponering</b> .....	34
<b>Specielle forholdsregler afhængigt af stof</b> .....	34
<b>Benzen</b> .....	34
<b>Benzo[a]pyren (BaP)</b> .....	34
<b>Bly</b> .....	35
<b>Cadmium</b> .....	36
<b>Nikkel</b> .....	36
Kombinationsscenarier .....	37
Liste over anvendte forkortelser og begreber .....	39
Litteraturhenvisninger .....	41



# Forord

Denne publikation skal tjene som vejledende materiale om forholdsregler over for forurenset jord. Publikationen er udarbejdet på grundlag af et projekt med titlen "Humantoksikologiske vurderinger i forbindelse med depotindsatsen". Projektet er gennemført af Dansk Toksikologi Center (DTC) og Vandkvalitetsinstituttet (VKI) i fællesskab, og er finansieret af Miljøstyrelsens Depot- og Grundvandskontor.

Følgende personer har arbejdet på projektet:

Cand.brom. Helle Buchardt Boyd (projektleder), DTC  
Cand.scient. Karl-Heinz Cohr, DTC  
Civilingeniør Axel Damborg, VKI  
Direktør, civilingeniør Lisbeth Valentin Hansen, DTC  
Cand.scient., lic.med. Bodil M. Jakobsen, DTC  
Afd.leder, cand.scient. Preben Kristensen, VKI  
Sekretær Lise-Lotte Laursen, DTC  
Cand.scient. Finn Pedersen, VKI  
Cand.scient., Ph.D. Lise Samsøe-Petersen, VKI

Til projektet har været tilknyttet en styringsgruppe bestående af

Ulla Højsholt, Miljøstyrelsens Depot- og grundvandskontor (formand)  
Helle Buchardt Boyd, DTC  
Anders Carlsen, Miljøstyrelsens kemikaliekontor  
Irene Edelgaard, Miljøstyrelsens Depot- og grundvandskontor  
Ole Halberg, Embedslægeinstitutionen for Vejle Amt  
Lisbeth Valentin Hansen, DTC  
Preben Kristensen, VKI  
Kirsten Molsted, Sundhedsstyrelsen  
Finn Pedersen, VKI  
Anne-Lise Troest, Embedslægeinstitutionen for Vestsjællands Amt

Formålet med at lave en særskilt publikation som denne er at formidle de resultater, der findes i projektrapporten på en lettilgængelig og brugbar måde. Målgruppen er kommuner, amter, embedslæger samt andre, der måtte have en interesse i emnet.

Nærmere dokumentation for de anvendte forudsætninger for scenarier, toksikologiske data m.v. findes i selve projektrapporten.

Vi har bestræbt os på at undgå fejl, uden dermed at forsinke udgivelsen af denne publikation. Skulle læseren ikke desto mindre finde fejl eller uklarheder, vil vi være taknemmelige for at få det at vide.

Hørsholm, den 9. oktober 1995  
Helle Buchardt Boyd



# Resumé

Baseret på humantoksikologiske vurderinger er der udarbejdet indsatsværdier for fem forskellige forureningsstoffer i jord: Bly, cadmium, nikkel, benzo[a]pyren (BaP) og benzen.

Fem forskellige scenarier er defineret: Scenarie A (kort opholdstid, ingen spiselige afgrøder, minimal bearbejdning af jorden), f.eks. parker; Scenarie B (lang opholdstid, ingen spiselige afgrøder, minimal bearbejdning af jorden) f.eks. prydhaver eller fællesarealer i forbindelse med boliger; Scenarie C (lang opholdstid, spiselige afgrøder til mindre selvforsyningsgrad, intensiv bearbejdning af jorden), f.eks. kolonihaver eller villahaver med køkkenhave. Daginstitutioner og sportsanlæg er også medtaget som scenarier.

I hver af scenarierne A, B og C beskrives tre slags forventet adfærd, minimums-, gennemsnits- og maksimaladfærd, for såvel voksne som børn. De tre adfærdstyper fører til tre forskellige niveauer af eksponering med forurenset jord. De forskellige eksponeringer fører til etablering af tre indsatsniveauer: Fri brug, rådgivning og afskæring.

Med "fri brug" menes brug som forudsat i de respektive scenarier. "rådgivning" betyder, at brugerne skal rådgives om brugen af jorden. De øverste grænser for de indsatsværdier, der er betegnet "rådgivning", er baseret på minimumsadfærd (fordi koncentrationen i jorden tillades at være højere, jo mindre kontakt, der er med jorden). "Afskæring" betyder, at jorden ikke kan bruges som forudsat under de enkelte scenarier.

For daginstitutioner og sportsanlæg er der kun beregnet den koncentration af jordforureningen, hvor total afskæring fra eksponering bør finde sted.

Formålet med rådgivningen er at fortælle brugerne af den forurenede jord, hvorledes de kan håndtere den risiko, der er forbundet med brug af den forurenede jord. Der gives såvel generelle råd som specifikke råd knyttet til det aktuelle forureningsstof. De generelle råd sigter mod at opnå mindst mulig eksponering med jord. De specifikke råd giver vejledning om hvilke afgrøder, der frit kan dyrkes eller absolut må frarådes.

Da eksponering med de fem stoffer kan finde sted via andre kilder end jord, gives desuden råd om, hvordan baggrundsforureningen fra andre kilder end jorden kan nedsættes.

Publikationen er udarbejdet på basis af dokumentation og beregninger, som findes i projektrapporten “Humantoksikologiske vurderinger i forbindelse med depotindsatsen”.

# Summary in English

The VKI Water Quality Institute and the Danish Toxicology Centre (DTC) were requested by the Danish Environmental Protection Agency (DEPA) to provide toxicological evaluations of certain pollutants when found in soil.

Five different pollutants were selected for evaluation: lead, cadmium, nickel, benzo[a]pyrene (BaP), and benzene.

Five different scenarios have been defined: Scenario A (short time use, no edible crops, minimal cultivation) e.g. parks; Scenario B (long time use, no edible crops, minimal cultivation) e.g. ornamental gardens; Scenario C (long time use, some edible crops, intensive cultivation) e.g. kitchen gardens. Day care centers and sports grounds have also been considered.

In each of the scenarios A, B and C three different types of expected behaviour have been described for children and adults, respectively. These types of behaviour are designated minimum-, average- and maximum behaviour. The different types of behaviour give rise to different levels of exposure with the pollutants. The different exposures result in establishment of three levels of action: free use, advisory action and exposure cut-off.

“Free use” means that the soil may be used freely within the definitions of the scenario. “Advisory action” means that the users must be advised about the appropriate use of the soil. “Exposure cut-off” denotes that the soil cannot be used as presupposed in the specific scenario.

For day care centers and sports grounds only exposure cut-off figures have been calculated.

The aim of advisory action is to tell users how to manage the risks arising from polluted soil. Both general advice and advice tied to the specific polluting substances are given. General advice outlines how minimal exposure to soil may be achieved. Specific advice tells which species of crops may be grown, and which crops are inadvisable.

Since exposure to the five contaminants also occurs via other sources than polluted soil, advice is also given on how contamination from other sources than the soil may be lowered.

Further calculations and documentation may be found in the project report: "Humantoksikologiske vurderinger i forbindelse med depotindsatsen".



# Indledning

Der identificeres til stadighed flere forurenede jordområder i byerne. Det er ikke altid økonomisk og teknisk muligt at rense eller befæste forurennet jord. Denne publikation tager sigte på at vejlede om, hvilke alternative muligheder der er for at håndtere risikoen ved forurennet jord.

Nogle vil sikkert huske en sag om forurenede kolonihaver fra pressen. Jorden i kolonihaverne var så forurenset, at man ud fra toksikologisk fastsatte kriterier burde nedlægge kolonihaverne. Men ejerne af kolonihaverne var ikke enige. For dem var kolonihaverne stadig af stor værdi, selv om de var forurenede. Isoleret set var jorden måske nok uegnet til brug som kolonihave, men hvis alternativet var en fritid inde i byens larm og os, var kolonihaven måske god nok alligevel. Problemet kunne måske løses ved at fortælle brugerne, hvordan de kunne udnytte deres forurenede kolonihaver uden at lide skade.

Rapporten tager udgangspunkt i, at mennesker bliver utsat for forurenset jord på forskellig måde, alt efter hvilke situationer de befinner sig i. Disse situationer kalder vi scenarier. Vi opererer med tre scenarier, hvor det skulle være muligt at nedbringe eksponeringen ved hjælp af rådgivning om hensigtsmæssig adfærd. Det drejer sig om steder med ringe udnyttelse, f.eks. parker; steder med middel udnyttelse, f.eks. prydhaver eller arealer i forbindelse med etagebyggeri; og steder med intensiv udnyttelse, f.eks. kolonihaver eller villahaver med køkkenhave.

Vi opererer desuden med to scenarier, hvor rådgivning vil være af mindre betydning, fordi jorden skal kunne bruges uhæmmet: Daginistitutioner og sportsanlæg.

Man kan blive eksponeret med forurenset jord ved direkte indtag, spisning af afgrøder, hudkontakt med jorden, indånding af støv (forurenede jordpartikler), og indånding af fordampelige forureninger. Eksponeringen varierer alt efter, hvordan brugerne opfører sig, forureningsstoffers fysisk-kemiske beskaffenhed og optagelse i afgrøder. De enkelte forureningsstoffers mulighed for at udøve skade varierer afhængig af eksponeringsmåde.

Alle disse varierende forudsætninger er der taget hensyn til ved opstillingen af scenarierne og efterfølgende beregning af indsatsværdier for de enkelte forureningsstoffer. Der er desuden taget hensyn til, at mennesker i forvejen i et vist omfang udsættes for de samme forureningsstoffer, som kan findes i forurenede jord, dvs. der er som oftest en baggrundsforurening fra luft, levnedsmidler etc. Nogle af forureningsstofferne, især metallerne, findes desuden naturligt forekommende i jord, i varierende koncentrationer. Præcis hvordan, der er taget hensyn til baggrundsforureningen, fremgår af afsnittet ”indsatsværdier for udvalgte stoffer”.

Ved indsatsværdier forstås de koncentrationer af forurening i jord, hvor der bør gøres en indsats for at mindske eksponeringen af brugerne, enten ved rådgivning eller total afskæring.

Hvis man følger de angivne råd og holder sig inden for de maksimale eksponeringer angivet i hvert enkelt scenarie skulle der ikke kunne forekomme akut eller kronisk forgiftning ved enkelte indtag af større mængder jord (f.eks. hvis et barn spiser 30 g jord på én gang) eller stort indtag af en bestemt afgrøde i sæsonen.

#### *Usikkerheder*

Indsatsværdierne er beregnet for forholdsvis homogene forureninger. Hvis en grund har såkaldte ”hot spots”, som overskridt indsatsværdierne væsentligt, må man vurdere, om eksponering med jord og evt. afgrøder fra disse ”hot spots” kan give anledning til akutte forgiftninger eller give uacceptable bidrag til brugernes belastning med stoffet.

Indsatsværdierne er ikke fastsat med henblik på beskyttelse af dyre- og planteliv. Der er heller ikke taget hensyn til evt. nedsvivning til grundvandet. Det må i hvert enkelt forureningsstilfælde afgøres, om der skal iværksættes foranstaltninger til beskyttelse heraf.

Indsatsværdierne kan ikke bruges ved vurdering af fordampelige forureningers indflydelse på indeklimaet i boliger, kontorer m.v., da der ikke er taget hensyn til skorstenseffekt ved udgravninger, diffusion gennem byggematerialer m.m.

De indsatsværdier, der er angivet, er tænkt anvendt i situationer, hvor der allerede foreligger en forurening. Der er ikke tale om egentlige indsatskriterier, som påbyder en bestemt indsats pr. automatik. Der er heller ikke tale om, at man vil kunne tillade at forurene jord op til de angivne niveauer.

Der indgår mange faktorer ved fastsættelsen af indsatsværdier. En del af faktorerne er fastlagt ved skøn eller konservativ brug af målinger. De resulterende indsatsværdier skal derfor ikke betragtes som uigenkaldelige. Der er gjort brug af de data og beregningsmodeller, som vi har kendskab til på nuværende tidspunkt. Efterhånden som

vores viden bliver bedre, vil indsatsværdierne kunne ændres, både i opadgående og nedadgående retning.

Indsatsværdierne er fastsat for hvert enkelt stof for sig. Der er dermed ikke taget hensyn til de risici, der kan opstå ved blandingsforureninger. I disse tilfælde må man vurdere, om blandingen kan påvirke biotilgængelighed og farlighed. Sådanne vurderinger kan udføres ud fra litteraturstudier, da der til stadighed fremkommer ny viden om virkningerne af blandingsekspóneringer.

# Beskrivelse af scenarier

Anvendelse af jord i byområder kan groft set deles op i 3 situationer - såkaldte scenarier:

## A. Ringe udnyttelse

- kort opholdstid
- ingen spiselige afgrøder
- minimal bearbejdning af jorden

Scenarie A kunne f.eks. være en park.

## B. Middel udnyttelse

- lang opholdstid
- ingen spiselige afgrøder
- minimal bearbejdning af jorden

Scenarie B kunne f.eks. være prydhaver eller fællesarealer i forbindelse med boliger.

## C. Fuld udnyttelse

- lang opholdstid
- spiselige afgrøder (men ikke fuld selvforsyning)
- intensiv bearbejdning af jorden

Scenarie C kunne f.eks. være kolonihaver eller villahaver med køkkenhave.

## Minimal-, gennemsnits- og maksimumsadfærd

Da der er forskel på den adfærd, mennesker udviser i de forskellige scenarier, har vi defineret 3 forskellige modelpersoner, som optræder i hvert af A-, B- og C- scenarierne:

- Minimumspersonen
- Gennemsnitspersonen
- Maksimumspersonen

Disse personer findes både i børneudgaver og voksenudgaver.

Minimumspersoner er karakteriseret som meget renlige personer. De graver ikke ret meget, de såler sig ikke til, de vasker hænder før de spiser, tørrer fødderne af på måtten og befinner sig oftere indendørs end udendørs.

Maksimumspersoner derimod er karakteriseret ved, at de kommer i kontakt med jorden intenst og ofte. Børneudgaverne smager gerne på jorden ind imellem, afgrøder bliver fortærret uden at skylle dem først, måske bliver det værste lige børstet af.

Gennemsnitspersoner befinder sig i sagens natur et sted mellem de to yderpunkter.

På baggrund heraf er der opstillet en række eksponeringsværdier for kontakt med forurenset jord. Værdierne, som bruges til beregning af indsatsværdier for forurenset jord, fremgår af tabellerne 1-5.

Det skal bemærkes, at der er tale om modelscenarier. Hvis man ved, at brugerne ikke passer ind i de opstillede scenarier, kan modelscenarierne bruges som pejlemærker. Man kunne f.eks. godt forestille sig situationer, der ligger et sted mellem scenarie A og B.

### Scenarie A: Parker

I dette scenarie forudsættes det, at børn og voksne udnytter området som rekreativt område. Dvs. der er folk, som spadserer, tager solbad, jogger, spiller boldspil og leger. Den daglige opholdstid er kort, max. 4 timer, til gengæld forudsættes det, at der er nogle, der kommer der næsten hver dag. F.eks. er der nogle børneinstitutioner, der benytter parklegepladser hver dag. Voksne antages at kunne opholde sig i parker i gennemsnitligt 30 dage om året, maksimalt 60 dage.

**Tabel 1: Anvendte beregningsværdier for scenarie A**

*Table 1: Figures of exposure used for calculation of action levels in scenario A (parks etc.)*

	Minimum <i>Minimum</i>		Gennemsnit <i>Average</i>		Maksimum <i>Maximum</i>	
	Barn <i>Child</i>	Voksen <i>Adult</i>	Barn <i>Child</i>	Voksen <i>Adult</i>	Barn <i>Child</i>	Voksen <i>Adult</i>
Hudkontakt <i>Skin contact</i>	0,1 g/d i 30 d/år	0,1 g/d i 30 d/år	1,0 g/d i 250 d/år	0,1 g/d i 30 d/år	10 g/d i 250 d/år	1 g/d i 60 d/år
Jordindtag <i>Soil ingestion</i>	0,008 g/d i 30 d/år	0,005 g/d i 30 d/år	0,1 g/d i 250 d/år	0,013 g/d i 30 d/år	1,5 g/d i 250 d/år	0,05 g/d i 60 d/år
Inhalation, luft <i>Inhalation, air</i>	3,1 m <sup>3</sup> /d i 30 d/år	1 m <sup>3</sup> /d i 30 d/år	3,1 m <sup>3</sup> /d i 250 d/år	1 m <sup>3</sup> /d i 30 d/år	3,1 m <sup>3</sup> /d i 250 d/år	2 m <sup>3</sup> /d i 60 d/år
Inhalation, støv <i>Inhalation, dust</i>	0,5 mg/d i 30 d/år	0,15 mg/d i 30 d/år	0,5 mg/d i 250 d/år	0,15 mg/d i 30 d/år	2,3 mg/d i 250 d/år	0,3 mg/d i 60 d/år

De voksnes inhalerede luftmængde kan forekomme lav i dette scenarie. Det er fordi, der regnes med en vejrtækning svarende til hvile i gennemsnit 2 timer/dag og maksimalt 4 timer/dag. Ca. 1 m<sup>3</sup> luft forbruges ved 1 times let aktivitet, ca. 2 m<sup>3</sup> luft forbruges ved en times

jogging. Hvis området bruges til egentlig sportsudøvelse, skal der tages hensyn til, at luftforbruget og hudkontakten kan være større.

### **Scenarie B: Prydhaver eller fællesarealer i forbindelse med boliger**

Her forudsættes voksne og børn som minimum og som gennemsnit at opholde sig i have og hus på grunden 16 timer i døgnet, idet arbejdstid og/eller tid til fritidsaktiviteter regnes fra. Som maksimum regnes med en opholdstid 24 timer i døgnet. Minimums- og gennemsnitspersoner forudsættes at have ophold på grunden 300 døgn/år, mens maksimumspersoner gør brug af grunden 365 døgn/år.

Egentlig kontakt med jorden ved lugning, leg etc. er forudsat at finde sted som minimum og gennemsnit i 30 døgn/år, maksimalt 150 døgn/år.

Med hensyn til jordspisning forudsættes børn minimalt at indtage 0,016 g/døgn i 100 døgn/år, gennemsnitligt 0,2 g/døgn i 100 døgn/år og maksimalt 3 g/døgn i 200 døgn/år. Voksne forudsættes minimalt at indtage 0,001 g/døgn i 30 døgn/år, gennemsnitligt 0,025 g/døgn i 30 døgn/år og maksimalt 0,1 g/ døgn i 150 døgn/år.

**Tabel 2: Anvendte beregningsværdier for scenarie B**

*Table 2: Values of exposure used for calculation of action levels in scenario B (ornamental gardens in connection with housing)*

	minimum <i>minimum</i>		gennemsnit <i>average</i>		maksimum <i>maximum</i>	
	barn <i>child</i>	voksen <i>adult</i>	barn <i>child</i>	voksen <i>adult</i>	barn <i>child</i>	voksen <i>adult</i>
Hudkontakt <i>Skin contact</i>	0,1 g/d i 30 d/år	0,1 g/d i 30d/år	1 g/d i 30 d/år	1 g/dag i 30 d/år	10 g/d i 150 d/år	10 g/d i 150 d/år
Jordindtag <i>Soil ingestion</i>	0,016 g/d i 100 d/år	0,001 g/d i 30 d/år	0,2 g/d i 100 d/år	0,025 g/d i 30 d/år	3 g/d i 200 d/år	0,1 g/d i 150 d/år
Inhalation, luft <i>Inhalation, air</i>	8,5 m <sup>3</sup> /d i 300 d/år	13 m <sup>3</sup> /d i 300 d/år	8,5 m <sup>3</sup> /d i 300 d/år	13 m <sup>3</sup> /d i 300 d/år	15 m <sup>3</sup> /d i 365 d/år	22 m <sup>3</sup> /d i 365 d/år
Inhalation, støv <i>Inhalation, dust</i>	1,3 mg/d i 300 d/år	2,0 mg/d i 300 d/år	1,3 mg/d i 300 d/år	2,0 mg/d i 300 d/år	2,3 mg/d i 365 d/år	3,3 mg/d i 365 d/år

### **Scenarie C: Nyttehaver**

Her forudsættes alle at opholde sig i have og hus på grunden 24 timer i døgnet hele året.

Egentlig kontakt med jorden ved lugning, leg etc. er forudsat at finde sted som minimum og gennemsnit 60 døgn/år, maksimalt 200 døgn/år.

Med hensyn til jordspisning forudsættes børn minimalt at intage 0,016 g/døgn, gennemsnitligt 0,2 g/døgn i og maksimalt 3 g/døgn hele året. Voksne forudsættes minimalt at intage 0,001 g/døgn, gennemsnitligt 0,025 g/døgn og maksimalt 0,1 g/døgn hele året.

Indtagelse af afgrøder af egenavl forudsættes for børn som minimum at udgøre 28 g/dag, som gennemsnit 55 g/dag og som maksimum 110 g/dag året rundt. For voksne forudsættes et minimumsindtag på 50 g/dag, gennemsnit på 98 g/dag og maksimum på 196 g/dag året rundt.

Dette svarer til, at børn på årsbasis som minimum intager ca. 10 kg hjemmeavlede afgrøder, og voksne ca. 18 kg. Det maksimale intag af hjemmeavlede afgrøder forudsættes at være ca. 40 kg for børn og ca. 72 kg for voksne.

**Tabel 3: Anvendte beregningsværdier for scenarie C**

*Table 3: Values of exposure used for calculation of action levels in scenario C (gardens with edible crops)*

	minimum minimum		gennemsnit average		maksimum maximum	
	barn <i>child</i>	voksen <i>adult</i>	barn <i>child</i>	voksen <i>adult</i>	barn <i>child</i>	voksen <i>adult</i>
Hudkontakt <i>Skin contact</i>	0,1 g/dag i 60 d/år	0,1 g/dag i 60 d/år	1 g/d i 60 d/år	1 g/d i 60 d/år	10 g/d i 200 d/år	10 g/d i 200 d/år
Jordindtag <i>Soil ingestion</i>	0,016 g/d i 365 d/år	0,010 g/d i 365 d/år	0,2 g/d i 365 d/år	0,025 g/d i 365 d/år	3 g/d i 365 d/år	0,1 g/d i 365 d/år
Inhalation, luft <i>Inhalation, air</i>	15 m <sup>3</sup> /d i 365 d/år	22 m <sup>3</sup> /d i 365 d/år	15 m <sup>3</sup> /d i 365 d/år	22 m <sup>3</sup> /d i 365 d/år	15 m <sup>3</sup> /d i 365 d/år	22 m <sup>3</sup> /d i 365 d/år
Inhalation, støv <i>Inhalation, dust</i>	2,3 mg/d i 365 d/år	3,3 mg/d i 365 d/år	2,3 mg/d i 365 d/år	3,3 mg/d i 365 d/år	2,3 mg/d i 365 d/år	3,3 mg/d i 365 d/år
Indtag af afgrøder <i>Ingestion of crops</i>	28 g/d i 365 d/år	50 g/d i 365 d/år	55 g/d i 365 d/år	98 g/d i 365 d/år	110 g/d i 365 d/år	196 g/d i 365 d/år

## Daginstitutioner

Daginstitutioner indgår ikke i ovennævnte scenarier, da de udgør så følsomt et område, at man ikke vil kunne acceptere kompromiser. Der er således ikke defineret nogen minimumspersoner i børnehaver o.lign., da det ikke er realistisk at regne med, at personalet hele tiden kan overvåge, at børnene ikke bliver eksponeret med større mængder jord.

I daginstitutioner regnes med eksponeringer som angivet i nedenstående tabel.

**Tabel 4: Anvendte beregningsværdier for scenariet “daginstitutioner”**

*Table 4: Values of exposure used for calculation of action levels in the scenario “day care centers”*

	gennemsnit <i>average</i>	maksumum <i>maximum</i>
Hudkontakt <i>Skin contact</i>	1 g/dag i 250 d/år	10 g/dag i 250 d/år
Jordindtag <i>Soil ingestion</i>	0,2 g/d i 250 d/år	3 g/dag i 250 d/år
Inhalation, luft <i>Inhalation, air</i>	6,2 m <sup>3</sup> /d i 250 d/år	6,2 m <sup>3</sup> /d i 250 d/år
Inhalation, støv <i>Inhalation, dust</i>	1 mg/d i 250 d/år	4,7 mg/d i 250 d/år
Indtag af afgrøder <i>Ingestion of crops</i>	20 g/d i 40 d/år	200 g/d i 40 d/år

## Sportsanlæg

Sportsanlæg indgår ligesom daginstitutioner heller ikke i de tre hovedscenarier. Kravet til et sportsareal må være at man kan udøve sin sport fuldt ud, uden at skulle bekymre sig om jordforurening.

En realistisk udnyttelse anses for at være voksne, der benytter sportspladsen 3 gange 2 timer om ugen. Eksponering for jordforurening finder hovedsageligt sted gennem indånding af dampe og støv, samt direkte hudkontakt.

Der regnes med eksponeringer som angivet i nedenstående tabel.

**Tabel 5: Anvendte beregningsværdier for scenariet “sportsanlæg”**

*Table 5: Values of exposure used for calculation of action levels in the scenario “sports grounds”*

	gennemsnit <i>average</i>	maksumum <i>maximum</i>
Hudkontakt <i>Skin contact</i>	10 g/dag i 25 d/år	100 g/dag i 150 d/år
Inhalation, luft <i>Inhalation, air</i>	7 m <sup>3</sup> /d i 25 d/år	7 m <sup>3</sup> /d i 150 d/år
Inhalation, støv <i>Inhalation, dust</i>	1 mg/d i 25 d/år	70 mg/d i 250 d/år

# Indsatsværdier for udvalgte stoffer

På baggrund af de ovenfor nævnte forudsætninger er der beregnet indsatsværdier for 5 udvalgte stoffer. Det er benzen, benzo[a]pyren (BaP), bly, cadmium og nikkel. For disse stoffer er der fastsat tolerable indtag, baggrundsindtag gennem kosten, indåndingsluft m.v., samt biotilgængelighed for planter og mennesker.

## *Bidrag fra forurennet jord*

Når baggrundsindtaget trækkes fra det tolerable indtag, fås den rest, der kan tolereres fra andre kilder, som f.eks. arbejdsmiljø, tobaksrygning, forurennet luft og forurennet jord. I de foretagne beregninger er der kun taget hensyn til, at ”resten” kan indtages fra forurennet jord. Personer, der er specielt belastet gennem arbejdsmiljø, tobaksrygning, ensidige kostvaner eller ualmindelig stærkt forurennet luft, vil altså få yderligere problemer, hvis de samtidig belastes af forurennet jord.

Beregningerne er gennemført for henholdsvis voksne og børn. Den laveste værdi (som for alle stoffer og scenarier er børne-værdien) er herefter valgt som indsatsværdi. Indsatsværdierne kan dermed påregnes at beskytte begge de to grupper. Hvis man står i en situation, hvor børn ikke eksponeres, kan der anvendes højere indsatsværdier. Sådanne er beregnet og angivet i projekt-rapporten.

Hvis baggrundsindtaget overstiger det tolerable indtag, beregnes indsatsværdierne ud fra, at den forurenede jord må bidrage med 1% af det tolerable indtag. Hvis der er et helt åbenlyst misforhold mellem den forurening, der dermed tillades i jorden, og forurening fra andre medier, er indsatsværdierne beregnet ud fra en større procentdel af det tolerable indtag. I nogle tilfælde kan det således ikke fra et sundhedsøkonomisk synspunkt betale sig at gøre en indsats for at nedbringe menneskers udsættelse for et stof fra forurennet jord, hvis de samtidigt i langt højere grad belastes med det samme stof f.eks. via inhalation af forurennet luft fra omgivelserne. I sådanne tilfælde vil indsatsen for sundheden være langt mere effektiv ved begrænsning af luftforurenningen.

Det skal bemærkes, at nogle af indsatsværdierne er beregnet til at ligge under den normalt forekommende koncentration i jord. Dette hænger muligvis sammen med at mennesker rent faktisk også får en vis belastning med de pågældende stoffer, selv i fravær af menneskeskabt forurening. Den forskel der er mellem tolerabel dosis og baggrundsbelastning, bliver derfor ikke særlig stor. Hvis man ikke tillader mere end denne forskel allokeret til forurennet jord, så bliver indsatsværdierne i nogle tilfælde absurd lave. De endelige indsatsværdier må derfor blive et kompromis imellem hvad mennesker kan tolerere, og hvad der er praktisk og økonomisk muligt.

## *Indsatsværdier*

Indsatsværdierne betegner det forureningsniveau med det pågældende stof, der vil kunne tolereres ved en bestemt anvendelse af den forurenede jord. Værdierne skal ikke betragtes som skarpe grænseværdier, hvor overtrædelse medfører overhængende fare. Der er tale om glidende overgange og vej-ledende værdier, der kan bruges som udgangspunkt ved vurdering af konkrete forurenede grunde.

Bemærk, at indsatsværdierne er behæftet med varierende usikkerheder. Disse usikkerheder stammer fra de mange indgående faktorer, såsom fastsættelsen af tolerable indtag, baggrundsforurening, beregning af fordampning fra jord, fastsættelse af absorption fra jord til menneske, fastsættelse af biokoncentrationsfaktorer etc. De usikre faktorer er dog fastsat på den konservative side. De resulterende indsatsværdier må derfor også forventes at være konservative.

Indsatsværdierne er angivet som tre niveauer inden for hvert scenarie: "Fri brug", "Rådgivning" og "Afskæring". Med "Fri brug" menes brug som forudsat i de respektive scenariebeskrivelser.

"Rådgivning" betegner, at brugerne skal rådgives om brugen af jorden. De øverste grænser for de indsatsværdier, der er betegnet "rådgivning", er baseret på minimumspersonernes adfærd (fordi koncentrationen i jorden tillades at være højere, jo mindre kontakt der er med jorden). Rådgivningen skal derfor tage sigte på at få brugerne til at opføre sig som de ovenfor beskrevne "minimumspersoner". Den form for rådgivning, der kan gives til brugerne, er angivet i afsnittet om risikohåndtering.

"Afskæring" betyder, at jorden ikke kan bruges som forudsat under de enkelte scenarier. Afskæring kan f.eks. bestå i rådgivning om ikke at dyrke spiselige afgrøder (herved ændres scenariet fra C til B), eller adgangen til den forurenede jord kan forhindres eller reduceres på forskellig vis.

Indsatsværdien for "Fri brug" er generelt fastsat på baggrund af maksimalpersonernes eksponering med jord, mens værdien for "afskæring" generelt er fastsat ud fra minimumspersonernes eksponering med jord. Herved fremkommer der i nogle tilfælde meget brede intervaller af forureningskoncentrationer i jorden, hvor brug af jorden kan tillades under forudsætning af at brugerne rådgives. I de tilfælde hvor intervallerne forekommer meget brede, er den koncentration, der kan beregnes ud fra gennemsnitspersonernes eksponering, angivet i parentes i tabellen. Man kan i nogle tilfælde vurdere, om det er sandsynligt at brugerne vil have adfærd som minimumspersoner, gennemsnitspersoner eller maksimumspersoner, og så træffe afgørelse ud fra det.

## Benzen

Benzen anses for at være kræftfremkaldende. Ved en livstidsrisiko på  $10^{-6}$  (se ordforklaring bagerst) kan det tolerable indtag ved indtagelse gennem munden ( $TI_{oral}$ ) beregnes til  $0,33 \mu\text{g}/\text{kg legemsvægt/døgn}$ . Det tolerable indtag ved inhalation ( $TI_{inhale}$ ) er beregnet til  $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  luft (WHO, 1987) svarende til  $0,078 \mu\text{g}/\text{kg legemsvægt/døgn}$ .

Baggrundsindtaget er beregnet til  $2,2-9,7 \mu\text{g}/\text{kg legemsvægt/døgn}$ . Det tolerable indtag overskrides dermed i betydelig grad. Af baggrundsindtaget kommer den ene halvdel fra levnedsmidler og den anden halvdel fra luften. Væsentlige kilder til benzenindtag er tobaksrøg (også passiv rygning), udslip ved påfyldning af benzin, indånding af luft i stærkt trafikerede gader, samt mange forskellige levnedsmidler.

Biokoncentrationsfaktoren (BCF) for planter er estimeret til 1,3. Dvs. at f.eks.  $100 \mu\text{g}$  benzen pr. kg tørstof i jord bliver til  $130 \mu\text{g}$  benzen pr. kg tørstof i planten.

Indånding af dampe har den relativt største betydning for benzenindtaget i alle scenarier.

Da bidrag til indånding af benzen også kommer fra andre kilder, som burde kunne begrænses, er indsatsværdierne beregnet for en inhalation fra forurenset jord, der svarer til 50% af  $TI_{inhale}$ . Herved nås indsatsværdier som angivet i nedenstående tabeller.

**Tabel 6: Indsatsværdier for forurening med benzen i jord**

*Table 6: Action levels for pollution with benzene in soil. The three kinds of action are denoted "free use" (within the scenario), "advisory action", and "exposure cut-off"*

	Scenarie A	Scenarie B	Scenarie C
Forholdsregler <i>Precautions</i>	$\mu\text{g}/\text{kg tørstof i jord}$ $\mu\text{g}/\text{kg dry matter in soil}$		
Fri brug <i>Free use</i>	< 0,2	< 0,03	< 0,03
Rådgivning <i>Advisory action</i>	0,2-2	0,03-0,07	-
Afskæring <i>Exposure cut-off</i>	> 2	> 0,07	> 0,03

**Tabel 7: Indsatsværdier for forurening med benzen i jord på grunde, der skal bruges til daginstitutioner eller sportsanlæg**

*Tabel 7: Action levels for pollution with benzene in soil destined for use as day care centers or sports grounds*

	Daginstitutioner <i>Day care centers</i>	Sportsanlæg <i>Sports grounds</i>
Forholdsregel <i>Precaution</i>		µg/kg tørstof i jord µg/kg dry matter in soil
Afskæring <i>Exposure cut-off</i>	>0,1	>4

Til sammenligning skal det nævnes, at Miljøstyrelsens anbefalede jordkvalitetskriterie er 1,5 mg/kg, men at der ikke må afdampe større mængde benzen fra overfladen, end at den danske grænseværdi for udeluft på 0,125 µg/m<sup>3</sup> overholdes (Larsen, 1993).

### **Benzo[a]pyren (BaP)**

BaP anses for kræftfremkaldende ved indånding, hudkontakt og indtagelse. Det tolerable daglige indtag ved inhalation ( $T_{i,\text{inhalt}}$ ) er ved en livstidsrisiko på  $10^{-6}$  beregnet til 0,000003 µg/kg legemsvægt/døgn. Det tolerable daglige orale indtag ( $T_{i,\text{oral}}$ ) ved samme livstidsrisiko er beregnet til 0,023 µg/kg legemsvægt/døgn. Ved hudkontakt regnes med, at kontakt med 0,02 µg BaP/døgn ikke vil medføre hudcancer (=  $TI_{\text{hud}}$ ).

Den gennemsnitlige baggrundsbelastning med BaP ved oral indtagelse er ca. 0,0035 µg/kg legemsvægt/døgn. Altså i størrelsesordenen 10 gange mindre end  $T_{i,\text{oral}}$ .

Hvis man anvender luftkoncentrationen af BaP, fundet i byparker, som baggrundskoncentration, kan man beregne den gennemsnitlige baggrundsbelastning ved indånding til 0,00013 µg/kg legemsvægt/døgn.  $T_{i,\text{inhalt}}$  overskrides således gennemsnitligt ca. 50 gange, hvis man bor i en by.

Baggrundsbelastning med BaP ved hudkontakt er skønnet til 0,025 µg/døgn, hvilket er i samme størrelsesorden som det tolerable.

Da BaP har et meget lavt damptryk, bidrager jordforurenninger ikke i væsentlig grad til luftforurenningen ved fordampning, men måske nok med BaP-holdigt støv. Betydningen af dette for den totale eksponering er dog uhyre lille. Generelt er det kontakt med huden som vil bidrage til den relativt største eksponering. Dyrkes der afgrøder på jorden vil indtag herfra også kunne få betydning.

Da  $TI_{inhale}$  er meget mindre end  $TI_{oral}$  og  $TI_{dermal}$ , bliver indsatsværdierne mindst, når de beregnes på basis af 1% af  $TI_{inhale}$ . Da luftforureningen fra dieseldrevne køretøjer udgør den største kilde til baggrundsbelastningen med BaP ved inhalation, vælger vi at udføre beregningerne af indsatsværdier på basis af 50% af  $TI_{inhale}$ . Derefter vælges de mindste af de indsatsværdier, der fås ved sammenligning af de tre sæt indsatsværdier, der fås ved beregning på basis af 1% af  $TI_{dermal}$ , 50% af  $TI_{inhale}$  og 1%  $TI_{oral}$ .

Tallene i scenarie A bliver mindre end i scenarie B, fordi dermal eksponering har den største relative betydning i scenarie A, og fordi det antages, at børn kan opholde sig i relativ lang tid i f.eks. parker.

**Tabel 8: Indsatsværdier for forurening med benzo[a]pyren i jord**

*Table 8: Action levels for pollution with benzo[a]pyrene in soil. The three kinds of action are denoted "free use" (within the scenario), "advisory action", and "exposure cut-off".*

	Scenarie A	Scenarie B	Scenarie C
Forholdsregler <i>Precautions</i>	$\mu\text{g}/\text{kg tørstof i jord}$ $\mu\text{g}/\text{kg dry matter in soil}$		
Fri brug <i>Free use</i>	<0,03	<0,4	<0,04
Rådgivning <i>Advisory action</i>	0,03-0,3	0,4 - 14	0,04-6
Afskæring <i>Exposure cut-off</i>	>0,3	> 14	> 6

**Tabel 9: Indsatsværdier for forurening med benzo[a]pyren i jord på grunde, der bruges til daginstitutioner eller sportsanlæg**

*Table 9: Action levels for pollution with benzo[a]pyrene in soil destined for use as day care centers or sports grounds*

	Daginstitutioner <i>Day care centers</i>	Sportsanlæg <i>Sports grounds</i>
Forholdsregel <i>Precautions</i>	$\mu\text{g}/\text{kg tørstof i jord}$ $\mu\text{g}/\text{kg dry matter in soil}$	
Afskæring <i>Exposure cut-off</i>	>0,03	>0,005

Miljøstyrelsens anbefalede jordkvalitetskriterie lyder: fritliggende jord bør ikke indeholde rester af tjæreforurening. Som målelig grænse for hvornår der foreligger tjæreforurening anbefales 5 mg total PAH/kg jord eller 0,1 mg (=100  $\mu\text{g}$ ) BaP/kg jord. Restforurening må desuden ikke give anledning til lugt eller synlig misfarvning (Larsen, 1993).

Til sammenligning indeholder jord i ikke-belastede områder 1 µg PAH/kg tørstof svarende til 0,01 µg BaP/kg. Landbrugsjord i England og USA indeholder typisk 10 - 100 µg PAH/kg tørstof, hvilket stammer fra atmosfærisk nedfald som følge af trafik, afbrænding, fyring og naturlige fænomener (Menzie et al., 1992).

## Bly

Den kritiske effekt af bly er påvirkningen af nervesystemet. Børn og fostre er specielt følsomme. Det tolerable indtag (TI) er fastsat lige under det niveau, hvor der statistisk kan påvises effekter på intelligenskvotienten hos børn. Der er altså ikke indført nogen yderligere usikkerhedsfaktor ved beregningen af TI. TI er af JECFA (1993) fastsat til 25 µg/kg legemsvægt/uge, hvilket svarer til 3,57 µg/kg legemsvægt/dag. Tidligere eksisterede der en højere TI for voksne. Da JECFA erkendte, at det bly der ophobes hos fødedygtige kvinder kan gives videre til fosteret, blev TI for voksne nedsat til samme niveau som for børn.

Baggrundsbelastningen for børn på 10 kg er ca. 1,9 µg/kg legemsvægt/døgn. For voksne er den ca. 0,26 µg/kg legemsvægt/døgn.

Der er regnet med at 100% af det bly, der indtages fra jord af børn, absorberes. Afhængigt af hvordan den konkrete blyforurening er bundet i jorden er absorptionen muligvis noget lavere. Der findes p.t. ingen validerede metoder til at afklare dette.

**Tabel 10: Indsatsværdier for forurening med bly i jord**

*Table 10: Action levels for pollution with lead in soil. The three kinds of action are denoted "free use" (within the scenario), "advisory action", and "exposure cut-off"*

	Scenarie A	Scenarie B	Scenarie C
Forholdsregler <i>Precautions</i>	mg/kg tørstof i jord mg/kg dry matter in soil		
Fri brug <i>Free use</i>	<2,2	< 8	<1
Rådgivning <i>Advisory action</i>	2,2 - 25	8 - 800 (gns=117)	1 - 150
Afskæring <i>Exposure cut-off</i>	> 25	> 800	>150

Årsagen til at tallene i scenarie A er meget mindre end i scenarie B, er at der forudsættes større grad af hudkontakt hos børn i scenarie A end i scenarie B.

I scenario C afhænger den tolerable koncentration i jorden af hvilke afgrøder der dyrkes. Hvis afgrøder, der i særlig grad opkoncentrerer bly, udelukkes (se afsnittet om risikohåndtering), og hvis indtag af egne afgrøder ikke er mere end ca. 10 kg pr. år pr. person, kan koncentrationer op til 150 mg Pb/kg tørstof i jord tolereres.

**Tabel 11: Indsatsværdier for forurening med bly i jord på grunde der skal bruges til daginstitutioner eller sportsanlæg. Nedre grænse for intervallerne er beregnet ud fra maksimal eksponering. Øverste grænse er beregnet ud fra gennemsnitsekspionering (se også tabel 4)**

*Tabel 11: Action levels for pollution with lead in soil destined for use in day care centers or sports grounds. Lower limits of intervals are calculated from maximum exposure conditions. Upper limits of intervals are calculated from average exposure conditions (see table 4 as well)*

	Daginstitutioner <i>Day care centers</i>	Sportsanlæg <i>Sports grounds</i>
Forholdsregel <i>Precaution</i>		mg/kg tørstof i jord mg/kg dry matter in soil
Afskæring <i>Exposure cut-off</i>	>2-20	>5-340

Der er forudsat indtag af egne afgrøder i daginstitutioner. Disse bidrager med ca. 10% af eksponeringen med bly fra jord. Ca. 75% af eksponeringen stammer fra jord på huden og ca. 15% fra jordspisning.

Til sammenligning kan det nævnes, at indholdet af bly i danske dyrknings- og naturjorde målt 1992/93, fordelt på henholdsvis 25% kvartil, median og 75% kvartil er henholdsvis 8,4, 11,3 og 14,4 mg/kg tørstof i jord. Det maksimalt fundne er 102 mg/kg tørstof i jord. Der er ikke udelukket resultater fra slambelastede marker i opgørelsen (Larsen, 1995).

Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterium for bly er 40 mg/kg tørstof i jord (Miljøstyrelsen, 1992 og 1995).

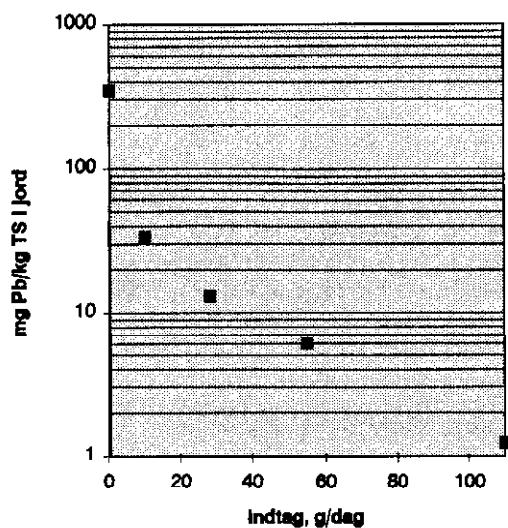


Fig. 1: Tilladelig jordkoncentration af bly som funktion af afgrødeindtag hos børn  
*Fig. 1: Permissible concentration of lead in soil as a function of children's ingestion of crops*

Figur 1 gør det muligt at vurdere, hvor stort afgrødeindtaget højst må være ved en bestemt koncentration af bly i jord. Det ses af figuren, at hvis jordkoncentrationen når op på ca. 340 mg bly/kg tørstof i jord, er det slet ikke tilrådeligt at spise hjemmedyrkede afgrøder.

### Cadmium

Den kritiske effekt ved oral indtagelse er ophobning i nyrerne. Ved tilstrækkelig høj og langvarig udsættelse kan der opstå kroniske nyreskader. Dette kan bl.a. resultere i øget udskillelse af calcium og fosfor med deraf følgende afkalkning af knoglerne og nyrestensdannelse.

Den gennemsnitlige cadmiumkoncentration i nyrer er nær nul ved fødslen. Herefter stiger den næsten lincært med alderen indtil 50 års alderen, hvorefter niveauet holder sig nogenlunde konstant. Nyreskader, som følge af livslang cadmiumophobning, kan derfor påregnes at vise sig efter 40 års alderen.

Det tolerable indtag (TI) er af JECFA (1993) fastsat lidt under det niveau, som regnes for at resultere i en kritisk koncentration i nyrerne hos 2% af befolkningen efter 50 års indtagelse. Der er således ikke

indført nogen sikkerhedsfaktor. TI er 7 µg/kg legemsvægt/uge svarende til 1 µg/kg legemsvægt/dag.

Baggrundsbelastningen for børn på 10 kg er ca. 4 µg/kg legemsvægt/dag, og for voksne på 70 kg er den ca. 0,6 µg/kg legemsvægt/dag. Baggrundsbelastningen for børn kan altså overstige TI, men eventuelle effekter vil kun kunne spores på længere sigt.

I overensstemmelse med principperne, beskrevet side 13, er indsatsværdierne i tabel 12 baseret på børn og 1% af TI.

**Tabel 12: Indsatsværdier for forurening med cadmium i jord**

*Table 12: Action levels for pollution with cadmium in soil. The three kinds of action are denoted "free use" (within the scenario), "advisory action", and "exposure cut-off"*

Forholdsregler <i>Precautions</i>	Scenarie A	Scenarie B	Scenarie C
	mg/kg tørstof i jord <i>mg/kg dry matter in soil</i>		
Fri brug <i>Free use</i>	<0,2	<0,2	<0,02
Rådgivning <i>Advisory action</i>	0,2-7 (gns.=2,9)	0,2-40 (gns.=5)	0,02-1
Afskæring <i>Exposure cut-off</i>	>7	>40	>1

I scenarie C afhænger den tolerable koncentration i jorden af hvilke afgrøder der dyrkes. Hvis afgrøder med højt optag af cadmium udelukkes (se afsnittet om risikohåndtering), og hvis indtag af egne afgrøder ikke er mere end ca. 10 kg pr. år pr. person, kan koncentrationer op til 1 mg Cd/kg tørstof i jord tolereres.

**Tabel 13: Indsatsværdier for forurening med cadmium i jord på grunde der skal bruges til dag-institutioner eller sportsanlæg**

*Table 13 : Action levels for pollution with cadmium in soil destined for use as day care centers or sports grounds*

	Daginstitutioner <i>Day care centers</i>	Sportsanlæg <i>Sports grounds</i>
Forholdsregel <i>Precaution</i>	mg/kg tørstof i jord <i>mg/kg dry matter in soil</i>	
Afskæring <i>Exposure cut-off</i>	>0,06 - 1,6	>30

Der er forudsat indtag af egne afgrøder i daginstitutioner. Disse bidrager med ca. 60% af eksponeringen med cadmium fra jord. Ca. 10% af eksponeringen stammer fra jord på huden og ca. 30% fra jordspisning.

Til sammenligning kan det nævnes, at indholdet af cadmium i danske dyrknings- og naturjorde målt 1992/93, fordelt på henholdsvis 25% kvartil, median og 75% kvartil er henholdsvis 0,11, 0,16 og 0,23 mg/kg tørstof i jord. Det maksimalt fundne på danske dyrknings- og naturjorde er 0,85 mg Cd/kg tørstof i jord. Der er ikke udelukket resultater fra slambelastede marker i opgørelsen (Larsen, 1995). Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterium for cadmium er 0,5 mg/kg tørstof i jord (Miljøstyrelsen, 1995).

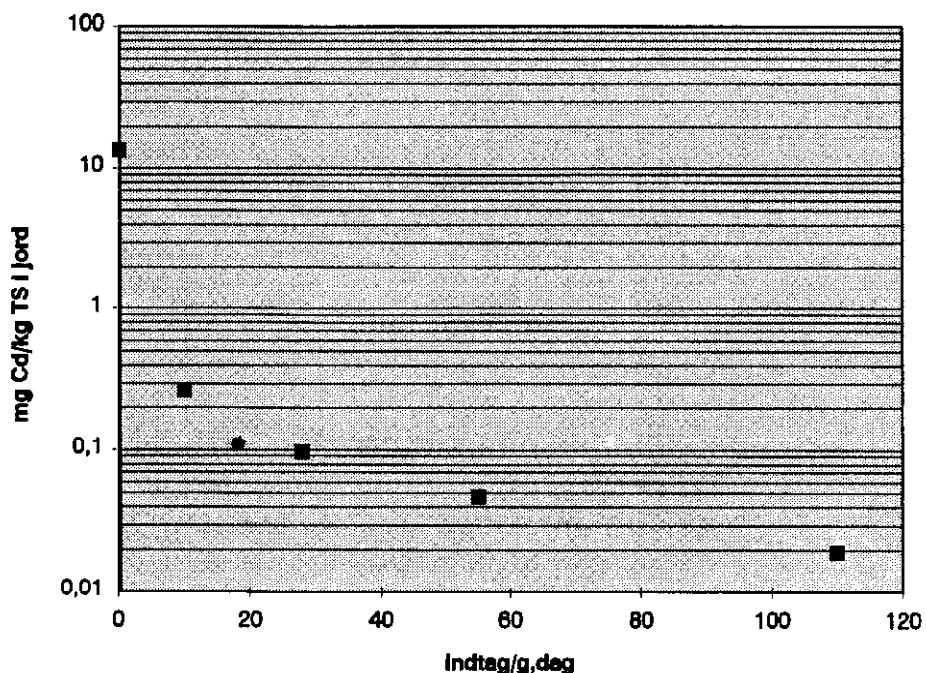


Fig. 2: Tilladelig jordkoncentration af cadmium som funktion af afgrødeindtag hos børn

Fig. 2: *Permissible concentration of cadmium in soil as a function of children's ingestion of crops*

Figur 2 gør det muligt at vurdere, hvor stort afgrødeindtaget højst må være ved en bestemt koncentration af cadmium i jord. Det ses af figuren, at hvis jordkoncentrationen er over ca. 13 mg/kg tørstof i jord, er det slet ikke tilrådeligt at spise hjemmedyrkede afgrøder.

## Nikkel

Nikkelforbindelser anses for kræftfremkaldende ved inhalation af støv. Hudkontakt med nikkel og nikkelforbindelser kan medføre allergi.

Sensibilisering for nikkel ved hudkontakt menes ikke at kunne finde sted ved jordkoncentrationer på mindre end eller lig med 12 mg/kg tørstof i jord. Dette niveau skulle heller ikke kunne fremkalde reaktioner hos allergikere ved direkte hudkontakt. Indtag af afgrøder med forhøjet nikkelindhold kan muligvis give reaktioner hos nikkelallergikere, men dette er meget individuelt.

Det amerikanske EPA har fastsat et tolerabelt indtag ved inhalation ( $TI_{inhale}$ ) på  $9 \cdot 10^{-5}$  mg nikkel/m<sup>3</sup> (ATSDR 1993). Som tolerabelt oralt indtag bruges EPAs "reference dose" ( $TI_{oral}$ ) på 20 µg Ni/kg legemsvægt/dag (ATSDR 1993).

Baggrundsindtaget er estimeret til 30 µg/kg/døgn for børn og 4,3 µg/kg/døgn for voksne. Da baggrundsindtaget for børn dermed overskrides  $TI_{oral}$  baseres beregningerne af indsatsværdierne på 1% af  $TI$ .

Nikkelfurenede jord vil helt overvejende give anledning til eksponering med nikkel via indtag af afgrøder eller direkte jordspisning. Elimineres disse eksponeringsveje, bliver inhalation af nikkelstøv den vigtigste eksponeringsvej. Optag af nikkel gennem huden påregnes ikke at finde sted, men ved intens og langvarig kontakt med nikkelholdig jord kan der være fare for kontaktallergi.

**Tabel 14: Indsatsværdier for forurening med nikkel i jord**

*Table 14: Action levels for pollution with nickel in soil. The three kinds of action are denoted "free use" (within the scenario), "advisory action", and "exposure cut-off"*

	Scenarie A	Scenarie B	Scenarie C
Forholdsregler <i>Precautions</i>	mg/kg tørstof i jord mg/kg dry matter in soil		
Fri brug <i>Free use</i>	<7	<5	<0,3
Rådgivning <i>Advisory action</i>	7-1900 (gns.=108)	5-1900 (gns.=135)	0,3-49
Afskæring <i>Exposure cut-off</i>	>1900	>1900	ca. 50

I scenarie C afhænger den tolerable koncentration i jorden af hvilke afgrøder der dyrkes. Hvis afgrøder med høj opkoncentrering af nikkel udelukkes (se afsnittet om risikohåndtering), og hvis indtag af egne afgrøder ikke er mere end ca. 10 kg pr. år pr. person, kan koncentrationer op til ca. 50 mg Ni/kg tørstof i jord tolereres.

Til sammenligning skal det nævnes, at indholdet af nikkel i danske dyrknings- og naturjorde målt 1992/93, fordelt på henholdsvis 25% kvartil, median og 75% kvartil er henholdsvis 2,4, 5,0 og 8,9 mg/kg tørstof i jord. Det maksimalt fundne på danske dyrknings- og naturjorde er 75,9 mg Ni/kg tørstof i jord. Det har dog ikke været muligt at se hvilke jorde, der var slambelastet (Larsen, 1995). Bemærk desuden, at nikkelallergikere ikke påregnes at udvise allergiske reaktioner ved hudkontakt med jord med under 12 mg Ni/kg tørstof. Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterium for nikkel er 15 mg/kg tørstof i jord (Miljøstyrelsen, 1995).

I tabel 14, scenarie A, er den højeste indsatsværdi oprindeligt beregnet til 6400 mg Ni/kg. Regnes der med, at et barn maksimalt indtager 30 g tør jord som enkeltdosis, ville dette kunne fremkalde akut forgiftning. Den oprindeligt beregnede værdi er derfor sat ned til 1900 mg Ni/kg jord, hvorved en portion jord på 30 g ville give anledning til en dosis Ni på 57 mg. Den dødelige dosis for et barn på 10 kg ligger omkring 5700 mg Ni (i form af nikkelsulfat). Akut forgiftning (opkastning, kramper) starter ved ca. 7 mg/kg legemsvægt/døgn svarende til 70 mg som enkeltdosis for et 10 kgs barn.

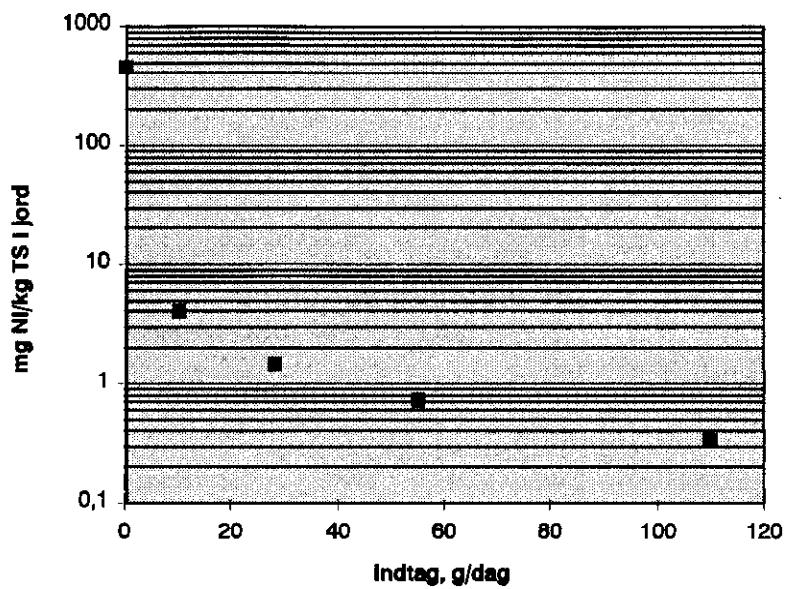
**Tabel 15: Indsatsværdier for forurening med nikkel i jord på grunde der skal bruges til daginstitutioner eller sportsanlæg. Nedre grænse for intervallet under daginstitutioner er beregnet ud fra maksimale eksponeringsbetingelser. Øvre grænse er beregnet ud fra gennemsnitsekspoter, som angivet i tabel 4**

*Tabel 15: Action levels for pollution with nickel in soil destined for use as day care centers or sports grounds. Lower limits of interval under "day care centers" are calculated from maximum exposure as outlined in table 4. Upper limits are calculated from average exposure conditions*

	Daginstitutioner <i>Day care centers</i>	Sportsanlæg <i>Sports grounds</i>
Forholdsregel <i>Precaution</i>		mg/kg tørstof i jord mg/kg dry matter in soil
Afskæring <i>Exposure cut-off</i>	1- 50	12*

\* Denne værdi er ikke beregnet ud fra scenariet, men sat under hensyn til at nikkelallergikere skal kunne udøve sport uden at få eksem ved hudkontakt med jorden.

Der er forudsat indtag af egne afgrøder i daginstitutioner. Disse bidrager med ca. 70% af eksponeringen med nikkel fra jord. Ca. 30% stammer fra jordspisning.



**Fig. 3:** Tilladelig koncentration af nikkel i jord som funktion af børns afgrødeindtag

*Fig. 3: Permissible concentration of nickel in soil as a function of children's ingestion of crops*

Figur 3 gør det muligt at vurdere, hvor stort afgrødeindtaget må være ved en bestemt koncentration af nikkel i jord. Det ses af figuren, at hvis jordkoncentrationen er over ca. 450 mg Ni/kg tørstof i jord, er det slet ikke tilrådeligt at spise hjemmedyrkede afgrøder.

# Risikohåndtering

Der kan blive tale om følgende former for risikohåndtering:

- \* rådgivning af brugere
- \* udlægning af jorden til anden brug end den oprindeligt tiltænkte (scenarioskift)
- \* total afskæring af eksponering

## Rådgivning af brugere

Rådgivning kan tages i anvendelse ved de indsatsværdier, der er angivet under "rådgivning".

Rådgivning af brugere tager sigte på at nedbringe eksponeringen fra forurenset jord til det minimale. Generelt kan man give følgende råd :

- \* *Vask hænder efter berøring med jord.* Dette nedbringer risikoen for absorption af forureningen gennem huden, og risikoen for indtagelse gennem munden mindskes desuden.
- \* *Brug havehandsker og gummidstykker ved bearbejdning af forurenset jord.* Herved nedbringes risikoen for absorption gennem huden betragteligt, og risikoen for indtagelse mindskes desuden.
- \* *Køkkenhaven bør ikke forsyne brugerne med mere end ca. 10% af det gennemsnitlige forbrug af grøntsager, frugt og bær.* Dvs. at udbyttet som hovedregel ikke bør være højere end ca. 10 kg spiselig afgrøde pr. barn, og ikke mere end ca. 20 kg spiselig afgrøde pr. voksen.

Mange mennesker kan ikke angive forventet udbytte i kg. De fleste ved dog hvor stort et areal de har udlagt som køkkenhave. De afgrøder, der giver størst udbytte pr. m<sup>2</sup> er kartofler og hvidkål. Regn med at private ikke kan få større udbytte end 4 kg kartofler/m<sup>2</sup>, 7 kg hvidkål/m<sup>2</sup>, 3 kg tomater/m<sup>2</sup> (i drivhus) og 0,75 kg jordbær/m<sup>2</sup> (Hvalsø, 1995). Æbletræer og andre frugttræer kan give voldsomt store udbytter, men det varierer meget fra år til år. Regn med, at et æbletræ giver mindst 10-20 kg æbler om året.

- \* *Vask afgrøder omhyggeligt før tilberedning og indtagelse.* Herved mindskes indtagelsen af forurenset jord.

- \* *Undgå at dyrke spiselige afgrøder, der har en specielt høj optagelse af forureningsstoffer.* Se hvilke under de relevante stoffer senere i dette afsnit. Der findes dog ikke data om planters optagelse af forureningsstoffer for alle kombinationer af planterarter/forureningsstoffer.
- \* *Brug Potter med uforurenede købejord og plantesække til dyrkning af krydderurter, tomater eller andet.* Herved er planterne afskåret fra at optage forurenningen fra havejorden.
- \* *Undgå indslæbning af jord i boligen. Brug dørmatte og skift fodtøj. Lav et flisebeklædt areal foran indgangen til boligen.*
- \* *Sørg så vidt muligt for at jorden er dækket med beplantning, f.eks. græs.* Bar jord er fristende at gå i gang med for børn.
- \* *Brug sand - ikke græsplæne - som faldunderlag under gynger.* Græsset bliver næsten altid slidt af under gynger, hvorved den frie jord kommer til syn. Et tykt lag sand sikrer imod dette.
- \* *Etabler sandkasser med rent sand til børn.* Det er nemmere at holde børn væk fra at grave i jorden, hvis de har en god sandkasse.
- \* *Indret parker, så det er nemt at minimere eksponeringen.* Selve legepladsen bør befæstes, og forsynes med rent sand som faldunderlag og i sandkasser. Græsarealer bør ikke bruges til klubsport, men gerne lejlighedsvis boldspil, selskabslege o.lign. Der bør ikke opstilles fodboldmål. Stier bør gruses, så der ikke opstår mudderhuller eller jordstøv.
- \* *Anlæg haver og parker, så de er nemme at holde, og hukontakt holdes lavest muligt.* Brug beplantning, der holder ukrudt borte, og som kan passes med maskiner.

I konkrete tilfælde kan der muligvis opstilles mere specifikke råd.

## Scenarioskift

Hvis forureningskoncentrationen overstiger indsatsværdierne i et scenario, gør den det måske ikke i et andet. Overvej f.eks. om jord, der var tænkt udnyttet som nyttehaver, i stedet kan bruges som prydhave eller park.

Hvis en park er forsynet med fodboldmål o.lign. må man regne med at parken bliver brugt som et sportsanlæg. I sådanne tilfælde må man enten gå ud fra indsatsværdierne afledt af scenariet ”sportsanlæg” eller lave om på parkens indretning.

### **Total afskæring af eksponering**

Hvis forureningen overstiger et niveau, der skønnes at give anledning til indtag af forurenninger i en mængde der overstiger det tolerable indtag, kan det være nødvendigt at gennemføre en total afskæring af eksponering.

En sådan total afskæring kan gennemføres ved befæstning i form af fliser eller asfalt, eller ved bortgravning af jorden og pålægning af ren jord.

Hvis forureningen er af nedbrydelig karakter og i øvrigt ikke truer grundvandet, kan man forbyde adgang til arealet i nogle år, og så følge om forureningen rent faktisk bliver nedbrudt.

### **Specielle forholdsregler afhængigt af stof**

Den rådgivning man kan give brugerne af den forurenede jord afhænger også af karakteren af forureningsstoffet. Disse særlige forholdsregler er givet herunder for hvert enkelt af de fem udvalgte stoffer.

#### **Benzen**

Ved havearbejde skønnes brug af havehandsker og gummitøvler tilstrækkelige til beskyttelse mod optagelse af benzen gennem huden.

Baggrundsindeget af benzen kan i øvrigt nedbringes ved at undgå tobaksrygning (også passiv rygning) og begrænse forurening fra benzindrevne køretøjer (der indåndes benzen ved tankning og fra bilos).

#### **Benzo[a]pyren (BaP)**

BaP findes som regel ikke som enkelt forurening, men er som oftest en indikator på tjære- eller asfaltforurening. Forurening med tjære eller asfalt kan forekomme i klumper, og den væsentligste fare består i at få tjæren på huden og overfladen af spiselige afgrøder.

Hvis klumperne er store og faste nok, kan de evt. fjernes under havearbejde, med brug af havegreb og handsker. Klumperne afleveres til den kommunale modtagestation. Fjernelse af klumper fra overfladejord er en proces der kan tage flere år, fordi de klumper, der befinder sig dybere nede, opfører sig ligesom sten: de bliver bragt op mod overfladen i løbet af vinteren.

Hvis der dyrkes spiselige afgrøder, bør følgende arter undgås:

Grøn bønne (BCF=1,75)

Ært (ingen målt BCF, men betragtes som analog til grøn bønne)

Afgrøder, der er synligt kontamineret med tjære eller asfalt på overfladen bør kasseres.

Baggrundsindtaget af BaP kan nedbringes ved at undgå tobaksrygning, begrænse trafikken med dieseldrevne busser og lastbiler, undgå dårlig forbrænding i pejse og brændeovne og ved at undgå stegte, ristede, grillede og røgede levnedsmidler.

## Bly

Hvis der dyrkes spiselige afgrøder, bør følgende arter undgås:

Radise (BCF=14)

Gulerod (BCF=0,5)

Agurk (BCF=0,5)

Kartofler (BCF=0,05) (ikke fordi BCF er specielt høj, men fordi man som regel spiser store mængder kartofler og fordi kartofler har et højt tørstofindhold)

Følgende arter har meget lave biokoncentrationsfaktorer, og kan med fordel dyrkes til spisebrug:

Ært (BCF=0,02)

Jordbær (BCF=<0,0004)

Squash (BCF=0,01)

Græskar (BCF=0,009)

Majs (BCF=0,009)

Børn (især 0-4 årige) og kvinder i den fødedygtige alder bør udsættes så lidt som muligt for blyforurenede jord.

## **Cadmium**

Hvis der dyrkes spiselige afgrøder, bør følgende arter undgås:

- Spinat (BCF=3,3)
- Salat (BCF=73)
- Gulerod (BCF=7,6)
- Broccoli (BCF=1,8)
- Radise (BCF=42)
- Andre bladafgrøder, som f.eks. grønkål

Følgende arter har meget lave biokoncentrationsfaktorer, og kan med fordel dyrkes til spisebrug:

- Ært (BCF=0,03)
- Blomkål (BCF=0,2)
- Æble (BCF=0,1)

Den totale belastning med cadmium kan nedsættes kraftigt, hvis tobaksrygning undgås eller nedsættes.

Personer, der bliver udsat for cadmium, bør sørge for at indtaget af jern og calcium dækker behovet, da mangel på disse to mineraler kan øge cadmiumabsorptionen.

## **Nikkel**

Hvis der dyrkes spiselige afgrøder, bør følgende arter undgås:

- Spinat (BCF=65)
- Persille (BCF=52)
- Majs (BCF=1,5)
- Bladafgrøder som f.eks. kål
- Græskar, squash og agurk

Følgende arter har meget lave biokoncentrationsfaktorer, og kan med fordel dyrkes til spisebrug:

- Kartoffel (BCF=0,04)
- Æble (BCF=0,01)
- Tomat (BCF=0,05)

Nikelallergikere bør undgå længerevarende hudkontakt med jord, der indeholder over 12 mg nikkel/kg tørstof i jord.

# Kombinationsscenarier

Beregningerne af indsatsværdier i de ovenfor beskrevne scenarier er udført med den antagelse, at mennesker kun udsættes for forurenset jord inden for de tids- og brugssrammer, der er afsat for det enkelte scenarie. I praksis kan et større lokalområde være forurenset, således at såvel hjem som arbejdsplads, skoler, daginstitutioner, friarealer m.m. er forurenset.

I disse tilfælde kan der fastsættes modificerede indsatsværdier på 2 forskellige måder:

1. Den laveste af de opstillede indsatsværdier for de relevante scenarier kan anvendes som en fælles indsatsværdi. Dette vil i alle tilfælde være indsatsværdien for scenarie C (villahaver med nytteafgrøder). Dette vil dog som oftest være meget konservativt for de øvrige anvendelsesscenarier.
2. Indsatsværdierne for de forskellige scenarier er opstillet parallelt, dvs. at der er gået ud fra den samme tilladelige dosis forureningsstof i de forskellige scenarier. Dette betyder, at hvis en person reducerer opholdstiden i ét scenarie i tilsvarende grad som vedkommende eksponeres i et eller flere andre scenarier, vil den samlede belastning ikke forøges. Hvis f.eks. eksponeringstiden/-mængden i villahave med afgrøder reduceres med 50% samtidig med at man opholder sig i en park i 50% af tidsperioden for dette scenarie, vil den samlede belastning være uændret ved de angivne indsatsværdier. Der er således ikke behov for at ændre indsatsværdierne for de forskellige scenarier.

I praksis vil den resulterende eksponering dog nok være et sted mellem disse 2 yderpunkter. Aktuelle indsatsværdier bør derfor fastsættes under hensyntagen til koncentrationerne af de forurenende stoffer, anvendelser af jordene i området samt eventuelt tilstedeværelse af andre forurenende stoffer.



# Liste over anvendte forkortelser og begreber

## BCF:

Biokoncentrationsfaktor for planter. Hvis BCF er 3, betyder det, at planten kan optage op til 3 gange så meget forureningsstof, som der er i jorden (målt på tørstofbasis i såvel jord som plante).

## Jordkvalitetskriterier:

Grænseværdier for forekomst af forureningsstoffer i forurenede jord. Opstillet af Miljøstyrelsen i forbindelse med vejledning om administration af affaldsdepotloven. Kriterierne gælder for friarealer med de mest følsomme arealanvendelser.

## Livstidsrisiko:

En livstidsrisiko på  $10^{-6}$  betyder, at statistisk set vil 1 ud af 1 million mennesker i løbet af deres levetid få kræft, der kan henføres til eksponering med stoffet ved det angivne tolerable indtag.

## Vægtet BCF:

Da ikke alle planter har samme BCF, indgår der en vægtet BCF i beregningerne af indsatsværdier. Vægtningen er foretaget på baggrund af en kostmodel med to forskellige kostmønstre, et for børn og et for voksne. Derfor fås forskelligt vægtede BC Fer for henholdsvis børn og voksne.

# Litteraturhenvisninger

ATSDR (1993): Toxicological profile for Nickel. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. TP-92/14.

DTC & VKI (1995): Humantoksikologiske vurderinger i forbindelse med depotindsatsen. Projektrapport udarbejdet af Dansk Toksikologi Center og Vandkvalitetsinstituttet for Miljøstyrelsen, oktober 1995.

Hvalsø, Erik (1995), Dansk Erhversgartnerforening, personlig meddelelse.

JECFA (1993): Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-first report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives. WHO technical report series 837.

Larsen, M.M. (1995): Monitering af tungmetaller i danske dyrknings- og naturjorde. Analyserapport for 1992/93. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 132.

Larsen, P.B.(1993): Benzin- og dieselolieforurenede grunde. Miljøprojekt nr. 223. Miljøstyrelsen, København.

Menzie, CA, Potocki BB & Santodonato, J (1992): Exposure to carcinogenic PAHs in the Environment. Environ. Sci. Technol., 26(7), 1278-84.

Miljøstyrelsen (1992): Branchevejledning for forurenede garverigrunde. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 5.

Miljøstyrelsen (1995): Bekendtgørelse nr. 730 af 5 september 1995 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål.

WHO (1987): Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications. European Series 23. WHO, København.

ISSN 0908-9195 ISBN 87-7810-563-3  
Pris (inkl. 25% moms): kr. 75,-  
Kan købes hos: Miljøbutikken  
Telefon: 33 37 92 92 Fax: 33 92 76 90

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**  
Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00