

## Er slam skadeligt eller gavnligt for jordmiljøet?

Kan man forudse nogen miljø- og sundhedsrisici af miljøfremmede stoffer og lægemidler i slam?

Paul Henning Krogh og John Jensen,  
Danmarks Miljøundersøgelser  
Aarhus Universitet

Odling i Balans - Nissjøl

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, Afdeling for Terrestrisk Økologi

## Indhold

- Baggrund for slamproblematikken i Danmark
- Resultater fra langtids-feltstudier med spildevandsslam
- Lægemidler i slam
  - Miljøvurdering af lægemidler
  - Miljøeffekter og mulige sundhedsskadelige effekter
- LAS
  - Eksempel på omfattende risikovurdering af økologiske effekter i landbrugsjord
- Konklusioner og anbefalinger

Odling i Balans - Nissjøl

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, Afdeling for Terrestrisk Økologi

## Slam i Danmark

Regeringens affaldsstrategi 2005-2008 opstiller flg. sigtelinier for behandling af spildevandsslam:

- 50 % genanvendelse til jordbrugsformål
- 25 % forbrænding af spildevandsslam med genanvendelse af asken i industrielle processer
- 20 % forbrænding og deponi
- 5 % direkte deponering

Slam som gødning sker (næsten) udelukkende på landbrugsarealer

Omtrent 2/3 af Danmarks areal er opdyrket landbrug

Odling i Balans - Nissjøl

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, Afdeling for Terrestrisk Økologi

## Historien om slam i DK

1980'erne: Grænseværdier for 7 metaller  
1990'erne: Miljøfremmede stoffer (MFS)

1995: Første "større" danske undersøgelse af MFS i slam (3 anlæg)

1995: Sammenligning af miljøbelastningen fra forskellige affaldstyper

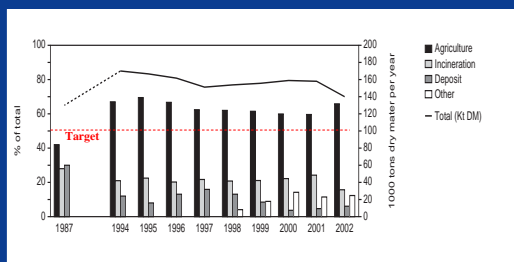
1996: Forslag til danske afskæringsværdier for 4 organiske stofgrupper (LAS; PAH; DEHP og NP)

2006: Nyeste lov indeholder flg. kriterier: LAS: 1.300 mg/kg; PAH: 3 mg/kg; NPE: 10 mg/kg og DEHP: 50 mg/kg

Odling i Balans - Nissjøl

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, Afdeling for Terrestrisk Økologi

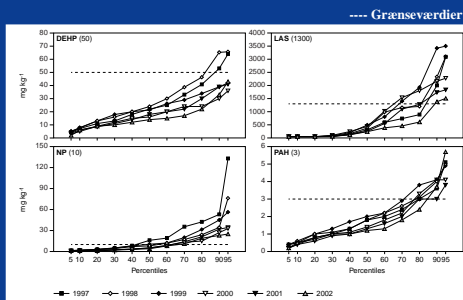
## Produktionen og anvendelsen af slam



Odling i Balans - Nissjøl

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, Afdeling for Terrestrisk Økologi

## Kvaliteten af slam



Odling i Balans - Nissjøl

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, Afdeling for Terrestrisk Økologi

## Kriterier for identifikation af problemstoffer og afskæringsværdier

Slam bør ikke indeholde stoffer, der ved normal dosering har alvorlig giftvirkning på nyttedyr og planter (jordens biologiske funktion)

Slam bør ikke indeholde stoffer, der ved normal dosering leder til en akkumulering af stoffer i jord eller fødekæder (afgrøder, kød og mælk)

Slam bør ikke indeholde stoffer, der ved normal dosering forurener grundvand og overfladevand

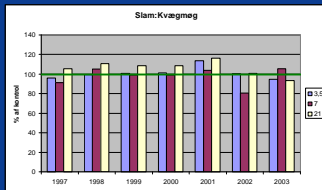
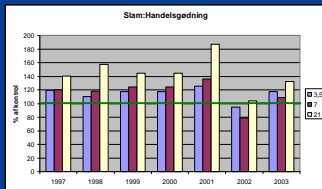
## Økologiske langtidseffekter af spildevandsslam

Feltundersøgelse af langtidseffekterne (1996-2003) af spildevandsslam på mikroorganismer og jordbundsdyr.

Resultater fra de første par år udgivet som to MST-rapporter (Krogh m.fl. 1996, 1997)

Anvendt slam repræsenterede "worse case scenarios", da det typisk ikke overholdt gældende afskæringskriterier

## Slam udbragt 1995, 1998, 2001



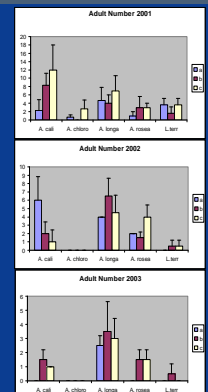
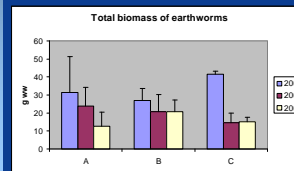
**Ammonium-oxidationsraten** i områder behandlet med tre doser af slam (3½, 7 og 21 ts / ha) i forhold til parceller behandlet med handelsgødning og kvægmøg

Krogh m.fl. 1996: Ingen markante effekter i ni forskellige mikrobielle assays

## Effekter på regnorme

A: Slam (21 t TS / ha)  
B: Handelsgødning  
C: Kvægmøg (21 t TS / ha)

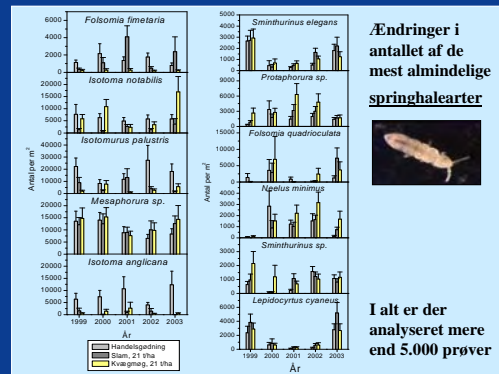
Slam og kvægmøg udbragt 2001



## Konklusioner, Regnorme



- Der blev ikke i de enkelte år er fundet nogen signifikante forskelle i den gennemsnitlige eller den totale biomasse af regnorme i de tre behandlingsformer
- På alle behandlinger blev fundet en større biomasse det første år end de to efterfølgende år
- Klimaforholdene omkring indsamlingstidspunktet kan dog variere betydeligt de enkelte år imellem og kan være en væsentlig årsag til de observerede forskelle
- Enkelte - midlertidige - forskelle er observeret på artsniveau



Ændringer i antallet af de mest almindelige springhalerarter



I alt er der analyseret mere end 5.000 prøver

## Konklusioner - Jordbundsdyr

- Statistiske analyser viste, at jordbundsdyrene fordelte sig mere efter mængden af organisk gødning end efter typen af gødning
- Ved de højeste doser af slam og kvægmøg adskilte artssammensætningen af mikrolededyr sig signifikant fra handelsgødning og de lavere doser af slam og kvægmøg

## Konklusioner - Langtidsstudier

Syv års studier og tusindvis af analyser viste at:

- Spildevandsslam vil, på linie med anden (organisk) gødning, påvirke jordbundsmiljøet, dog oftest i en positiv retning
- Der blev ikke fundet nogen længerevarende negativ indvirkning af spildevandsslam på mikrobielle processer eller jordbundsdyr

## Miljø- og sundhedsrisici af lægemidler i slam

Bekymring og viden, Hvor står vi?



## Medicinrester i spildevandsslam

- Spildevandsslam er et spejl af samfundets samlede kemikalieforbrug og vil selvfølgelig også indeholde lægemidler, ganske ligesom husdyrgødning gør det
- Dette har været kendt længe, f.eks.
  - Environmental Project, 659, 2002. Environmental Assessment of Veterinary Medicinal Products in Denmark
  - Miljøprojekt, 661, 2002. Litteraturudredning vedrørende human medicin i miljøet
  - Miljøprojekt, 799, 2003. Hormonforstyrrende stoffer og lægemidler i spildevand

## Miljøvurdering af lægemidler



- Alle nye lægemidler, godkendt efter november 2006, har gennemført en miljøvurdering (EU lovgivning).
- Ingen lægemidler til mennesker kan dog forbydes alene på baggrund af miljørisici
- I stedet inddrages risikominimering

## Miljøvurdering af lægemidler

Hvorfor er det relevant at undersøge miljøeffekter af lægemidler?

Visse lægemidler anvendes i store mængder

De er ofte biologiske aktive

De har ofte et potentiale for at ende i miljøet

Der er derfor en berettiget tvivl om hvorvidt de skader dyr og planter eller fører til resistensopbygning

## Miljøeffekter af lægemidler

Nuværende viden peger ikke på et miljøproblem

For at et lægemiddel skal udøve effekter i miljøet skal den samme receptor typisk være til stede

Resistente gener overlever ikke i jorden, og antibiotika synes ikke at skabe ny resistens (Halling-Sørensen m.fl. 2005)

Generelt syntes lægemidler ikke at være et miljøproblem, da de effekter, som er fundet i laboratoriet, er observeret ved koncentrationer langt over det niveau man vil finde i miljøet, **men.....**

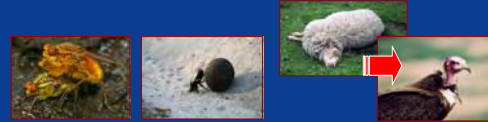
Odling i Balans - Nilsbib

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Afdeling for Terrestrisk Økologi

## Der findes eksempler på miljøeffekter

Der er påvist klare, men forbigående, effekter af veterinære antiparasitmidler på kokassebiller og kokassefluer

Diclofenac, et anti-inflammatorisk smerte-stillende middel, har formodentlig slået mere end 10 mill. grippe ihjel på verdensplan




Odling i Balans - Nilsbib


Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Afdeling for Terrestrisk Økologi

## Medicinrester og sundhedsrisiko

Et tænkt eksempel med slam






**Triclosan**



**Paracetamol**

Fodboldbane: 0,8 ha



2-3 t slam

Odling i Balans - Nilsbib

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Afdeling for Terrestrisk Økologi

## Medicinrester og sundhedsrisiko

Et tænkt eksempel



**Paracetamol**

8 Renseanlæg  
6 < LOD

**2 mg /kg**  
**7 g / ha**

**Lynetten: 2 mg /kg (primær slam)**  
**< LOD (afvandet slam)**

Odling i Balans - Nilsbib


Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Afdeling for Terrestrisk Økologi


## Medicinrester og sundhedsrisiko

Et tænkt eksempel

**Primær slam: 11.000 mg / t**  
**Afvandet slam: 8.000 mg / t**

**Triclosan**  
**0.3%**





**11 mg /kg**  
**38.5 g / ha**

Odling i Balans - Nilsbib

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Afdeling for Terrestrisk Økologi

## Medicinrester og sundhedsrisiko

Et tænkt eksempel

200 stk.



10 stk













Odling i Balans - Nilsbib

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Afdeling for Terrestrisk Økologi

## Medicinrester og sundhedsrisiko Der findes en direkte eksponering!



Colgate



Panodil

Odling, I. Balans - Nilsen

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Vidning for Terrestrisk Økologi

## Medicinrester og sundhedsrisiko Konklusioner

- Den direkte brug af lægemidler, kosmetik og plejeprodukter udgør med al sandsynlighed en langt større sundhedsrisiko end den der kan tænkes via fødekæden eller drikkevandet
- Miljøeffekter forårsaget af lægemidler, kosmetik og plejeprodukter kan ikke fuldstændigt udelukkes med vores nuværende viden, men er ikke særlig sandsynlig
- Det bør dog nok overvejes at overvåge (og evt. begrænse) forbruget af f.eks. triclosan og visse parabener

Odling, I. Balans - Nilsen

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Vidning for Terrestrisk Økologi

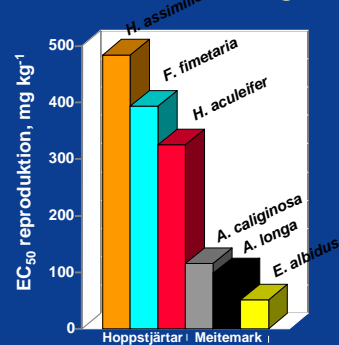
## Linear alkylbenzene sulphonate (LAS)

- Vaskepulver ca. 430 000 tons pr. år i Vesteuropa
- Spildevandsslam indhold 70–5600 mg/kg
- Efter udbringning på landbrugsjord <1 to 60 mg LAS/kg jord
- Nedbrydes i løbet af kort tid: uger

Odling, I. Balans - Nilsen

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Vidning for Terrestrisk Økologi

## Lab test af LAS i jord



Odling, I. Balans - Nilsen

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Vidning for Terrestrisk Økologi

## Hvorledes stemmer laboratorie resultater overens med feltresultater?

- Meitemark og leddyr påvirkes både i lab og felt
- Enkytræer er de mest følsomme
- Orme er ikke mere følsomme end invertebrater
- Efter en vækstsæson er populationerne for det meste genetablerede

Odling, I. Balans - Nilsen

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Vidning for Terrestrisk Økologi

## Revisiting LAS risk assessment

- Conclusion: Predicted no effect concentration (PNEC) value changed from 5 mg to 35 mg LAS/kg soil

Jensen, J., Løkke, H., Holmstrup, M., Krogh, P.H., Elsgaard, L., 2001. Effect and risk assessment of Linear Alkylbenzene Sulphonates in agricultural soil. 5. Risk Assessment of LAS in sludge amended soils. ET&C 20, 1690–1697.

Jensen, J., Smith, S.R., Krogh, P.H., Versteeg, D.J., Temara, A., 2007. European risk assessment of LAS in agricultural soil revisited: Species sensitivity distribution and risk estimates. Chemosphere 69, 880–892.

Odling, I. Balans - Nilsen

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet • Vidning for Terrestrisk Økologi

## Spildevandsslam og forsigtighedsprincippet

Forsigtighedsprincippet bør anvendes:

Når der er behov for et hurtigt indgreb, fordi der **muligvis** foreligger en fare for menneskers, dyrs og planters sundhed

I tilfælde, hvor de tilgængelige videnskabelige data **ikke muliggør en fuldstændig risikovurdering**.

## Spildevandsslam og forsigtighedsprincippet

EU-Kommissionen har præciseret tilfælde hvor forsigtighedsprincippet kan anvendes:

- Tilfælde, hvor de videnskabelige data er ufuldstændige, foreløbige eller usikre ✓
- Tilfælde, hvor en foreløbig videnskabelig evaluering viser, at man **med rimelig sikkerhed** kan frygte eventuelt **farlige indvirkninger** på miljøet eller menneskers, dyrs eller planters sundhed. ?

## De sidste ord.....

- Langtidsstudier viser, at spildevandsslam i den kvalitet og mængde, som anvendes i Danmark, ikke har påviselige effekter på jordbundsmiljøet
- Riskoen for miljø og mennesker af medicinrester i slam er ganske lille, hvis nogen
- Spildevandsslam indeholder dog en række miljøfremmede stoffer, hvor viden om terrestriske miljøeffekter er stærkt begrænset
- Anden gødning indeholder også potentiel miljøskadelige stoffer, f.eks. tungmetaller og medicinrester.
- Der bør dog generelt arbejdes på at få begrænset mængden af miljøfarlige stoffer i bl.a kosmetik, husholdnings-, og plejeprodukter

## De sidste ord.....

- Langtidsstudier viser, at spildevandsslam i den kvalitet og mængde, som anvendes i Danmark, ikke har påviselige effekter på jordbundsmiljøet
- Riskoen for miljø og mennesker af medicinrester i slam er ganske lille, hvis nogen
- Spildevandsslam indeholder dog en række miljøfremmede stoffer, hvor viden om terrestriske miljøeffekter er stærkt begrænset
- Anden gødning indeholder også potentiel miljøskadelige stoffer, f.eks. tungmetaller og medicinrester.
- Der bør dog generelt arbejdes på at få begrænset mængden af miljøfarlige stoffer i bl.a kosmetik, husholdnings-, og plejeprodukter

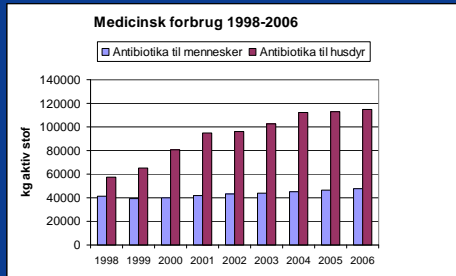
## De sidste ord.....

- Langtidsstudier viser, at spildevandsslam i den kvalitet og mængde, som anvendes i Danmark, ikke har påviselige effekter på jordbundsmiljøet
- Riskoen for miljø og mennesker af medicinrester i slam er ganske lille, hvis nogen
- Spildevandsslam indeholder dog en række miljøfremmede stoffer, hvor viden om terrestriske miljøeffekter er stærkt begrænset
- Anden gødning indeholder også potentiel miljøskadelige stoffer, f.eks. tungmetaller og medicinrester.
- Der bør dog generelt arbejdes på at få begrænset mængden af miljøfarlige stoffer i bl.a kosmetik, husholdnings-, og plejeprodukter

## De sidste ord.....

- Langtidsstudier viser, at spildevandsslam i den kvalitet og mængde, som anvendes i Danmark, ikke har påviselige effekter på jordbundsmiljøet
- Riskoen for miljø og mennesker af medicinrester i slam er ganske lille, hvis nogen
- Spildevandsslam indeholder dog en række miljøfremmede stoffer, hvor viden om terrestriske miljøeffekter er stærkt begrænset
- Anden gødning indeholder også potentiel miljøskadelige stoffer, f.eks. tungmetaller og medicinrester
- Der bør dog generelt arbejdes på at få begrænset mængden af miljøfarlige stoffer i bl.a kosmetik, husholdnings-, og plejeprodukter

## Antibiotika i slam og husdyrgødning



Danmap 2006

## De sidste ord.....

- Langtidsstudier viser, at spildevandsslam i den kvalitet og mængde, som anvendes i Danmark, ikke har påviselige effekter på jordbundsmiljøet
- Riskoen for miljø og mennesker af medicinrester i slam er ganske lille, hvis nogen
- Spildevandsslam indeholder dog en række miljøfremmede stoffer, hvor viden om terrestriske miljøeffekter er stærkt begrænset
- Anden gødning indeholder også potentiel miljøskadelige stoffer, f.eks. tungmetaller og medicinrester.
- Der bør dog generelt arbejdes på at få begrænset mængden af miljøfarlige stoffer i bl.a. kosmetik, husholdnings-, og plejeprodukter

## Tak for jeres tid

phk@dmu.dk  
jje@dmu.dk