

# Østrogener fra human urin i miljøet

Human urin indeholder mange værdifulde næringsstoffer. I stedet for at oprense næringsstofferne fra spildevandet, kan urin med fordel tilbageføres til landbruget som organisk gødning. Samtidig ville man mindske østrogenbelastningen til de meget sårbare vandmiljøer. Men hvordan vil østrogenbelastningen i jord være ved brug af human urin i forhold til almindelige organiske gødninger?

JANE LINDEDAM  
KAREN SØGAARD JENSEN  
JESPER LUXHØI  
JAKOB MAGID

Da landbruget indførte kunstgødning i starten af 1900-tallet medførte det også en delvis afkobling af næringsstofkredsløbet mellem by og land. Indtil da var byernes latrin blevet tilbageført til de omkringliggende marker. I dag er byernes bidrag til jordbrugets næringsstofbalance kun marginal og udgøres af spildevandsslam og kompost. I mellemtiden ligger byerne inde med en god og velfunge-

rende gødning, som ikke udnyttes, men i stedet betragtes som et affaldsproblem – nemlig menneskers urin. Human urin er i forhold til almindelig anvendte organiske gødninger (gylle, kompost, slam) det rene affaldsprodukt med det laveste indhold af tungmetaller /1/.

Human urin indeholder betydelige mængder mineralisk N og udnyttelsen af næringsstofferne ligger typisk mellem 70-90% i forhold til handelsgødning /2/. I de senere år har der derfor også været stigende interesse i re-introduktion af urin som gødning, men indtil videre er forskningen omkring potentielle problemområder begrænset. Et problem ved anvendelse af urin som gødning kunne være

**Tabel 1.** Laveste effektkoncentrationer af 3 østrogener overfor fisk i laboratorieforsøg. Ikke bestemt: der kendes ikke en koncentration lavere end effektgrænsen. Modificeret fra /3/.

Østrogen	LOEC	NOEC
E1	3,3 ng/l	0,7 ng/l
E2	4 ng/l	0,4 ng/l
EE2	0,03 ng/l	ikke bestemt

indholdet af hormoner, især østrogen, der vil blive spredt i miljøet. I denne artikel undersøger vi om human urin giver anledning til en større østrogentilførsel i jord og vand end husdyrgødning og slam.

## Hvad er problemet?

I miljømæssige sammenhæng er de vigtigste naturlige østrogener hos dyr og mennesker estron (E1) og 17 $\beta$ -estradiol (E2). Disse udbreder deres fysiologiske effekt ved meget lavere koncentrationer end andre steroider, og de forekommer tilmed i miljøet i koncentrationer over deres laveste effekt værdier (LOEL) for fisk og planter. Tidligere har østrogeners effekt på miljøet været mest omtalt



Foto: Nils T. Daell Kristensen.

**Tablet 2.** Resultater af analyse for østrogen i urinprøver fra kildeseparerende toiletter fra 3 danske lokaliteter. Standardafvigelse for gennemsnit af tre er angivet i parentes, modificeret fra /4/.

Lokalitet	E1 (nmol/l)	E1 (µg/l)
Møns Museumsgård	19,7 (1,53)	5,3
Hyldepjældet	22,4 (2,71)	6
Kolonihaveforeningen <sup>a</sup>	55,3 (6,66)	14,6

**a) toiletter med lille skyl, kildeseparering og tør kompostering**

i vandmiljøer og spildevandsrensning pga. østrogens særlige funktioner hos æglæggende dyr. En østrogenpåvirkning selv ved meget lave koncentrationer (ng/l) kan resultere i, at hanfisk kan blive helt eller delvist feminiseret og samtlige fisk kan desuden begynde en ufysiologisk produktion af æggeblomme-proteinet vitellogenin. Dette protein ophobes i blodet og såfremt fisken ikke danner æg, kan vitellogenin kun fjernes ved langsom biologisk nedbrydning. I mellemtiden optager vitellogenin pladsen for andre vigtige proteiner og fisken bliver i dårlig form.

**Effekt-koncentrationer**

Østrogener udskilles fra kroppen gennem urin og fæces enten i fri bioaktiv form eller som inaktivt konjugat, der efterfølgende kan biotransformeres til fri form. Den syntetiske analog til E2 hedder 17<sub>β</sub>-ethinylestradiol (EE2) og er det gængse stof i p-piller samt et meget potent hormon. Adskillige forskere har målt den laveste observerede effekt-koncentration (LOEL) og højeste koncentration ved hvilken der ikke var nogen effekt (NOEC) for fisk i laboratorieforsøg. Selvom forsøgene er udført på forskellige fiskearter på forskellige parametre, giver de et godt billede af de meget lave østrogenkoncentrationer, der er tilstrækkelig for at påvirke akvatiske organismer. Tabel 1 viser de absolut laveste målinger af grænseværdier for effekt fundet i litteraturen.

**Østrogen i human urin**

Koncentrationen af E1 i human urin opsamlet fra kildeseparerende toiletter er meget højere end effekt-koncentrationen for akvatiske miljøer, se tabel 2. Der sker dog en væsentlig række fortyndinger og transformationer inden stofferne når ud i vandmiljøet, uanset om det sker gennem spildevandet eller gennem en jordkolonne, og den aktuelle risikovurdering er derfor ikke så ligetil.

**Østrogen i spildevandet**

De typiske niveauer af naturlige østrogener i udledt spildevand er i intervallet 1-20 ng/l, mens indholdet af det syntetiske østrogen EE2 typisk er mindre end 1 ng/l /5/. Men med

de lave effekt-koncentrationer angivet i tabel 1 er der en klar risiko for uønskede effekter i vandmiljøet efter spildevandsudledning. Selvom median udløbskoncentrationerne fra de danske renseanlæg i tabel 3 umiddelbart er lave nok til ikke at give alvorlige effekter, er det vigtigt at lægge mærke til maximum koncentrationerne. Den slags høje koncentrationer kan formentlig have en skadelig effekt selvom der kun udledes i en begrænset periode. Under perioder med høj belastning eller under særlige perioder i driften kan selv effektive renseanlæg udlede betragtelige østrogenkoncentrationer.

Responstiden for vitellogenin syntesen hos fisk kan være meget kort, under 1 dag. Derefter kan det tage måneder før effekten er forsvundet igen. Det vil derfor være til gavn for vandmiljøet hvis urinen og dermed også østrogenerne blev opsamlet i stedet for at blive ført med spildevandet. Den opsamlede urin skulle så anvendes på markerne som gødning – og østrogener vil blive spredt på jorden. Men hvor meget østrogen ville der blive spredt på jorden ved at bruge urin som gødning i stedet for den almindelige husdyrgødning eller slam, der anvendes i dag?

**Østrogen mængden i jord efter brug af forskellige organiske gødninger**

Vi har beregnet estimater for den resulterende mængde østrogen i jord (g/ha) ved spredning af forskellige gødningsmaterialer for at opfylde kvælstof-normen i vinterhvede. Beregningerne er foretaget udfra materialernes kvælstofindhold, udnyttelsesgrad og estimeret østrogenindhold. Estimatet for østrogenindholdet i de forskellige gødningsmaterialer er fundet i den tilgængelige litteratur. Kilderne er dog meget forskelligartede med hensyn til målemetoden og udvælgelsen af hvilke østrogener, der er interessante. Intervallet for østrogenindholdet i husdyrgødning

fra kvæg og svin er bredt, varierende fra alt imellem 5 og 5000 µg/kg tørstof alt afhængig af besætningens sammensætning mht. køn, cyklus, størrelse, art, alder etc. Da størstedelen af tallene ligger omkring 700-1600 µg/kg ts har vi antaget et østrogenindhold for både kvæg- og svinegylle på omkring 1000 µg/kg ts (se tabel 4).

Resultatet i sidste kolonne indikerer, at anvendelse af human urin som gødning vil medføre en højere mængde østrogen i jorden end slam, men betydeligt lavere mængde østrogen end ved brug af kvæg- eller svinegylle (se tabel 4). Dette kommer til udtryk pga. materialernes individuelle østrogen-nitrogen indhold. Human urin har et lavt Ø-N forhold sammenlignet med kvæg- og svinegylle. Det forekommer rimeligt nok da husdyrproduktionen indeholder mange drægtige og lakterende dyr i forhold til vores gennemsnitlige befolkning.

**Nedbrydning i jord**

Colucci et al. /7/ undersøgte nedbrydningen af E2 og E1 i jord under tempererede forhold og fandt nedbrydningsrater i intervallet fra et par timer og op til 2 dage. Colucci & Topp /8/ fandt desuden, at naturligt østrogen fjernes 2-7 gange hurtigere end det syntetiske EE2. De lave nedbrydningsrater indikerer, at nedbrydningen af østrogener vil blive fuldført i jorden, hvis gødningen bliver tilført på en sådan måde, at direkte afstrømning til åer og vandløb undgås. Et praktisk forsøg med udvaskning fra svinegylle har dog vist at østrogener kan udvaskes i op til 0,5 år efter udbringning, hvilket kan skyldes to forhold. Dels kan udbringningsteknikken sænke nedbrydningsraten, hvis gødningen inkorporeres i jorden og forholdene bliver iltfattige, og dels kan østrogenerne som er meget fedtopløselige stoffer være bundet til organisk stof i gødningen /9/. Ved udbringning af human urin vil sidstnævnte ikke være et problem, men injektion af urin vil muligvis sænke nedbrydningsraten af østrogen i forhold til laboratorieforsøg.

**Emissioner af østrogener til miljøet**

I dansk overfladevand er der fundet østrogen koncentration i intervallet 0,05-15,5 ng/l for E2, < 0,1 – 17 ng/l for E1, og < 0,053 – 30,8 ng/l for EE2 med en typisk gennemsnits kon-

**Tablet 3.** Udløbskoncentrationer af østrogener fra 35 danske renseanlæg. Modificeret fra /3/.

Hormon	Enhed	Median	Min	Max
E1	ng/l	<2	<0,5	63
E2	ng/l	<1	<0,5	11
EE2	ng/l	<1	<0,5	7

**Tabel 4.** Estimat for østrogen mængde (g/ha) fra forskellige kilder, for at opfylde N-normen i vinter hvede.

Materiale	Udnyttelsesgrad %	N indhold (Kg N/kg ts)	Østrogenindhold	Østrogenmængde (g/ha)
Kvæggylle	70 <sup>a</sup>	0,065	1000 µg/kg ts <sup>c</sup>	3,7
Svinegylle	75 <sup>a</sup>	0,2	1000 µg/kg ts <sup>c</sup>	1,1
Slam	45 <sup>a</sup>	0,04	40 µg/kg ts <sup>c</sup>	0,4
Human urin	80 <sup>b</sup>	0,18	2,3 µg/l <sup>d</sup>	0,5

a) Fra plantedirektoratets vejledning og skemaer

b) På baggrund af /2/

c) Estimatet er valgt på grundlag af et større kildemateriale. For nærmere informationer kontakt førsteforfatteren

d) På baggrund af /6/

centration under 5 ng/l for E2 og E1 og mindre end 1 ng/l for EE2 /5/. Det er ikke muligt at bestemme, om de fundne koncentrationer i det danske overfladevand stammer fra rensningsanlæg eller afstrømning fra marker.

I Danmark er det blevet estimeret at mængden af steroid østrogen fra human udskillelse til spildevand er ca. 40 kg/år /10/. Til sammenligning er den årlige danske udskillelse af østrogen fra henholdsvis kvæg og svin fundet i litteraturen til ca. 460 kg/år og ca. 700 kg/år. Dette grove estimat indikerer at mængden af udskilt østrogen fra mennesker er meget lille sammenlignet med udskillelsen fra husdyrproduktionen. Altså ville det umiddelbart ikke være noget problem at anvende human urin som gødning mht. mængden af østrogener. Endnu er det ikke belyst, om spredning af en lille mængde østrogen fra human urin indeholdende den mere potente og langsommere nedbrydeligt EE2 er værre at sprede end en stor mængde naturlige østrogener fra gylle.

## Konklusion

Udnyttelsen af human urin som gødningsskildede ville betyde højere udledning af østrogen til det terrestriske produktionssystem, men samtidig en væsentlige lavere udledning til sårbare vandmiljøer. Udledningen af østrogener til jorden fra human urin vil være beskeden i forhold til den nuværende udledning fra almindelig husdyrgødning. Der er stadig åbne spørgsmål omkring effekten af det syntetiske østrogen kontra de naturlige. Ses der på nedbrydningsraten for østrogener, deres affinitet for organisk stof og deres særlige funktion i vandmiljøer, er det efter vores vurdering sandsynligt at østrogenerne i human urin vil være mindre miljøskadelige i jord end i spildevand.

## LITTERATUR

- /1/ Eilersen A.M., Tjell J.C. & M. Henze 1998: Muligheder for jordbrugsanvendelse af affald fra husholdninger. In Recirkulering fra by til land – om næringsstoffer på afveje. (Ed) Jakob Magid. Institut for Jordbrugsvidenskab, KVL, DK.
- /2/ Kirchmann H. & S. Petterson 1995: Humane Urine – Chemical composition and fertilizer use efficiency. Fertilizer research 40, 149-154.
- /3/ Andersen H.R. 2004: Forurening af vandmiljøet med steroidøstrogener. PhD afhandling, Afdeling for analytisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Universitet.
- /4/ Wrisberg S.; Eilersen A.M., Nielsen S.B., Clemmesen K., Henze M. & J. Magid 2001: Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra husholdninger fra by til land. Miljøprojekt/Aktionsplanen for økologisk omstilling og spildevandsrensning. Miljøstyrelsen, p. 236.
- /5/ Miljøstyrelsen 2002: Feminisering af hanfisk i fer-

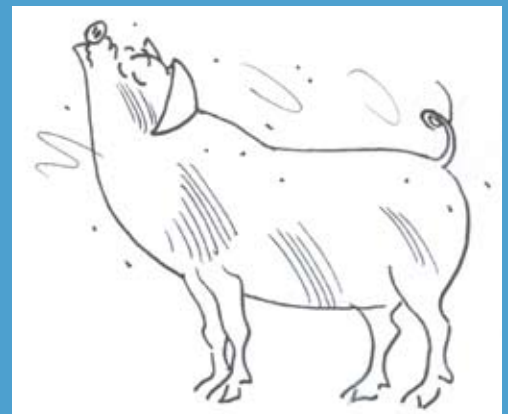
skvandsmiljøet og det marine vandmiljø. [internet] [http://www.mst.dk/udgiv/publications/2002/87-7972-305-5/html/kap16\\_eng.htm](http://www.mst.dk/udgiv/publications/2002/87-7972-305-5/html/kap16_eng.htm)

- /6/ D'Ascenzo G., Corcia A.D., Gentili A., Mancini R., Mastropasqua R., Nazzari M. & R. Samperi 2003: Fate of natural estrogens conjugates in municipal sewage transport and treatment facilities. The science of the Total Environment, vol. 302, pp. 199-209
- /7/ Colucci M.S., Bork H. & E. Topp 2001: Persistence of Estrogenic Hormones in Agricultural Soils: I. 17β-Estradiol and Estrone. J. Environ. Qual., vol. 30, pp. 2070-2076.
- /8/ Colucci M.S. & E. Topp 2001: Persistence of Estrogenic Hormones in Agricultural Soils: II. 17α-ethynylestradiol. J. Environ. Qual., vol. 30, pp. 2077-2080.
- /9/ Pedersen B. 2005: Østrogener fra gylle kan udvaskes. [internet] [http://www.agrsci.dk/djf/nyheder/strogener\\_fra\\_gylle\\_kan\\_udvaskes.htm](http://www.agrsci.dk/djf/nyheder/strogener_fra_gylle_kan_udvaskes.htm)
- /10/ Christiansen L.B., Winther-Nielsen M. & C. Helweg 2002: Feminisation of fish. The effect of estrogenic compounds and their fate in sewage treatment plants and nature. Miljøprojekt, vol. 729. miljøstyrelsen, København.

JANE LINDEDAM og KAREN SØGAARD Jensen er begge cand. stud. Miljøkemi ved Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole. E-mail: [lindedam@dsr.kvl.dk](mailto:lindedam@dsr.kvl.dk) & [karen-sj@dsr.kvl.dk](mailto:karen-sj@dsr.kvl.dk)

JESPER LUXHØI er adjunkt, PhD og JAKOB MAGID er lektor, PhD på Institut for jordbrugsvidenskab, afdeling for plante og jordbrugsvidenskab.

**Gyllegrisen Øffe ... synes, at byboerne skal feje for egen dør, med al den udstødning fra deres biler og brændeovne m.m. Hvis gylle var lige så kvælende ville han og hans venner være blevet kvalt for længst.**





Interessen for  
**VAND** er der stadig

[www.niras.dk](http://www.niras.dk)

Sortemosevej 2, 3450 Allerød • Tlf. 4810 4200 • [niras@niras.dk](mailto:niras@niras.dk)

**NIRAS**  
-råd du kan regne med