

10. Byernes affaldshåndtering og næringsstofkredsløb

Jakob Magid

Næringsstofkredsløbene blokeres

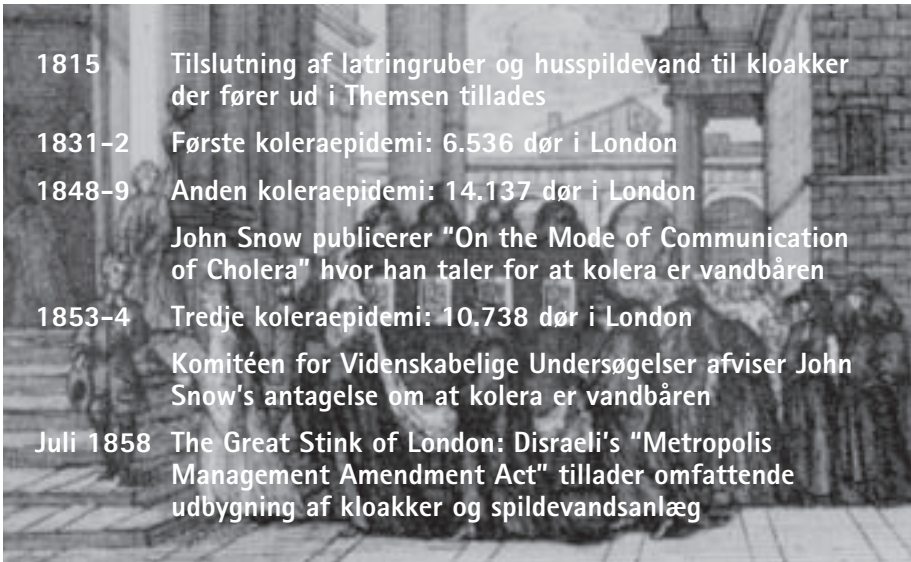
I Danmark og den vestlige verden er systemer til håndtering af byernes affald i dag indrettet ud fra sundhedsbetragtninger, mens hensyn til recirkulering har været helt underordnet. Baggrunden herfor er de voldsomme koleraepidemier, som hærgede Europa i 1800-tallet (figur 10-1 og 10-2). Førhen havde man på samme måde, som man ser i andre dele af verden den dag i dag, baseret byernes affaldshåndtering på natmænd, og dermed sikret affaldets tilbageførsel til landområderne. Men i takt med de industrialiserede landes stigende rigdom voksede affaldsproblemerne uforholdsmæssigt meget: Enten opstod der som i København omfattende grundvandsforurening fra latringruber, eller også opstod der som i London, hvor man havde indført vandklosetter, forurening af andre typer drikkevandsreservoirer (Themsen).

Under overskriften “The Water-closet: – *No filth in the sewers, all in the river*” skrev Thomas Cubitt i 1840 til det Britiske parlaments komite for sundhed i byerne:

“Fifty years ago nearly all London had every house cleaned into a large cesspool¹⁰... Now sewers having been very much improved scarcely any person thinks of making cesspool, but it is carried off at once into the river. The Thames is now made a great cesspool instead of each person having one of his own.”

Under alle omstændigheder blev resultatet de nævnte koleraepidemier. Det var ikke klart, at der var en sammenhæng mellem det latrinforurenede drikkevand og epidemierne (figur 10-1), men der var alligevel vilje til at gøre noget ved de

10. cesspool: latringrube; sewers: kloakker



Figur 10-1. Nogle af de nøglebegivenheder, som førte frem til indførelsen af kloakering i London. Fra *"The great stink of London – Sir Joseph Bazalgette and the cleansing of the Victorian metropolis"*, Halliday (1999). Som baggrund ses maleriet "Begravelsestog fra London" af William Hogarth.

uhumske omgivelser. I London blev kloaksystemer bestående af store underjordiske bygværker, som ledte latrinen til recipienter langt fra byernes vandklosetter, den dominerende håndteringsform allerede i den sidste del af 1800-tallet.

I København valgte man en anden løsning: Koleraen brød ud i 1853 på grund af omfattende grundvandsforurening fra latringrubere, der ikke blev tømt, men blot tilkastet. I forbindelse med efterfølgende reformer af renovationssystemet blev vandklosetterne i første omgang forbudt i København, efter en længerevarende politisk kamp, og der blev i stedet opbygget et velfungerende natrenovationssystem (figur 10-3 og 10-4) baseret på indsamling af latrin i tønner. Dette tillod landbrugsmæssig anvendelse af latrinen, som var meget efterspurgt, og man så ikke mere til kolera. På grund af vandklosetternes stigende popularitet blev forbuddet efterfølgende

ophævet. Som en følge heraf indskrænkedes mængderne af latrin efterhånden, og egentlig landbrugsmæssig anvendelse var stort set ophørt ved indgangen til 2. verdenskrig.

Den manglende tilbageførsel af næringsstoffer og organisk stof eksisterer stadig og er et usundt træk ved byerne i dag. Det er derfor, at de i økologisk forstand bliver betegnet som parasitter i landskabet, men allerede dengang, da man så at sige grundlagde problemet, vidste i hvert fald nogle, at det var galt. Grundlæggeren af moderne agrikulturkemi, Justus von Liebig, skrev således i 1840 til Storbritanniens premierminister, Sir Robert Peel:

"The cause of the exhaustion of the soil is sought in the customs and habits of the towns people, i.e., in the construction of water closets, which do not admit of a collection and preservation of the liquid and

solid excrement. They do not return in Britain to the fields, but are carried by the rivers into the sea. The equilibrium in the fertility of the soil is destroyed by this incessant removal of phosphates and can only be restored by an equivalent supply ... If it was possible to bring back to the fields of Scotland and England all those phosphates which have been carried to the sea in the last 50 years, the crops would increase to double the quantity of former years."

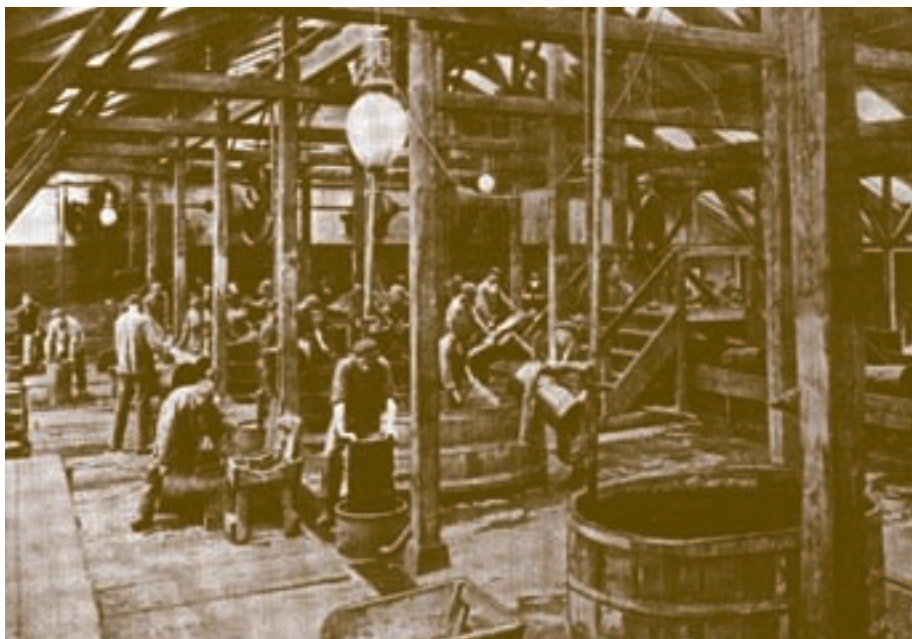
Liebig havde studeret bymæssig fødevarerproduktion og set nærmere på det gamle Rom's miljøhistorie. I to århun-

dreder blev størstedelen af Rom's kornforsyning importeret fra Nordafrika med alvorlige følger for områdets jordfrugtbarhed. De næringsstoffer, som var indeholdt i kornet, blev ført bort fra kontinentet og via Rom's Cloaca Maxima skyllet ud i Middelhavet for aldrig at vende tilbage til Nordafrika.

Da Londons myndigheder derfor påbegyndte opførelsen af et bortskaffelsessystem fremfor et recirkulerende system, indså Liebig, at det var nødvendigt at frembringe andre metoder til at erstatte den frugtbarhed, som byerne fratog landområderne. Han gik i gang med at udvikle kunstgødninger med henblik



Figur 10-2. "Death in the Cup": en lille pige fra Hamborg, som drak inficeret vand under epidemien i 1892; få timer senere døde hun. (Illustrated London News, 1892).



Figur 10-3. Latrintønder tømmes og renses med damp. Manden i forgrunden i billedets midte tømmer en tønde. København, 1901.



Figur 10-4. Latrintog ved sjællandsk landstation, som besøges af lokale landmænd, der afhenter latrin. Blandt jernbanefolket blev latrintoget kaldt Kongetoget.

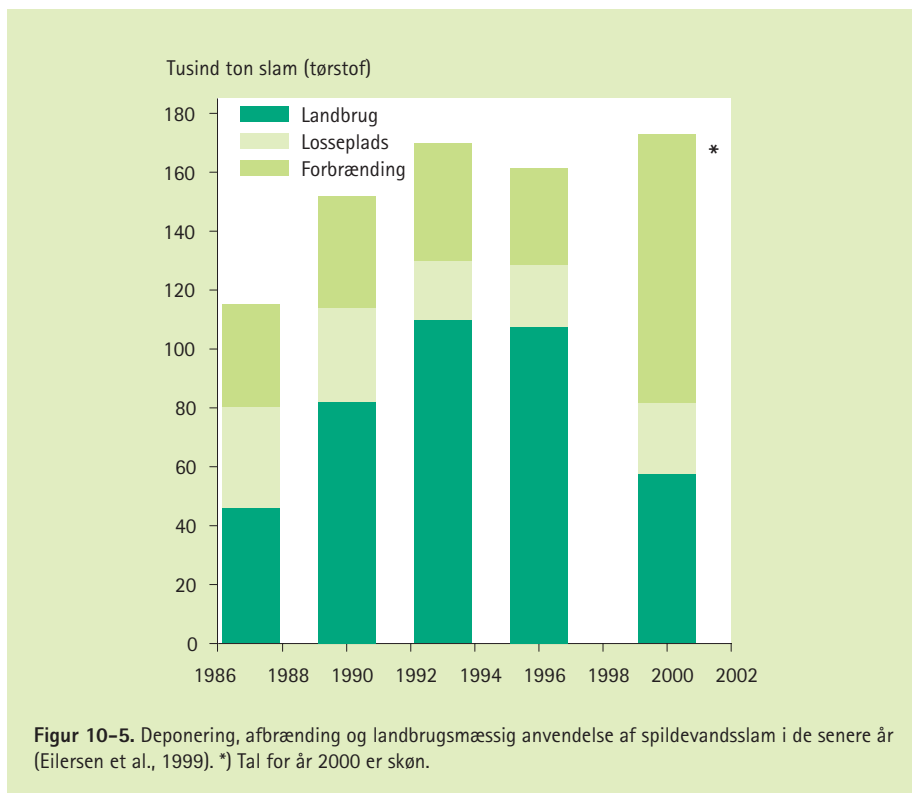
på at opretholde jordernes ydeevne. I dag er anvendelsen af kunstgødningerne (også kaldt handelsgødning) grundlaget for den enorme vækst i den globale fødevarerproduktion, men også sammen med byspildevandet årsag til mange af de miljøproblemer, der plager vandmiljøet.

I de rige lande er der på grund af handelsgødningen overskud af næringsstoffer. Næringsstofomsætningen i dansk landbrug svarer således til udskillelsen fra 120 millioner mennesker! Derfor har det næsten ingen landbrugsmæssig betydning, at der tabes næringsstoffer fra bybefolkningerne (i Danmark stort set fra alle, dvs. 5 millioner mennesker). Alene økologiske landmænd bekymrer

sig i stigende grad for, hvordan de skal skaffe næringsstoffer tilbage fra byerne, men ellers er der ingen mangel. Det er derimod et samfundsmæssigt problem, at der skal bruges store ressourcer på at rense spildevandet for næringsstoffer for at hindre ødelæggelse af vandmiljøet.

I udviklingslande og hovedparten af mellemindkomstlandene er der derimod stor mangel på næringsstoffer i jordbruget. Derfor er det i et globalt perspektiv ganske uholdbart, hvis indretningen af fremtidens byer hindrer tilbageførelse af næringsstoffer fra by til land.

Der består derfor en omfattende opgave i at udvikle vores byer hen mod at kunne recirkulere, dvs. udvikle bysam-



fundene i en mere økologisk velfungerende retning. Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole har vedtaget at gøre recirkulering af næringsstoffer fra by til land til et strategisk indsatsområde ud fra en antagelse om, at dette kan gøres

på en måde, som er både sundhedsmæssigt, miljømæssigt og jordbrugsmæssigt forsvarlig. Der samarbejdes med Danmarks Tekniske Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser om at realisere målene.

De teknologiske udfordringer

På samme måde som udvikling af vindkraftteknologien og økologisk jordbrug blev båret frem af idealistiske motiver, ser vi i Danmark og i lande omkring os en spirende idealistisk bevægelse for at udvikle og afprøve økologiske boligformer, såkaldte øko-samfund. Beboerne, der oftest er almindelige lønmodtagere, lægger vægt på bæredygtighed i deres livsstil og kan ud fra deres idealistiske forudsætninger tolerere lidt lavere bekvemmelighed i nogle boligfunktioner end folk flest. Et af de områder der har været i fokus er, hvor godt boligerne fungerer i et kredsløbsperspektiv. Ud over energiforbrug og byggematerialernes beskaffenhed er affalds- og spildevandshåndtering gjort til genstand for en række forsøg.

I forbindelse med ovenstående samarbejde mellem Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole og Danmarks Tekniske Universitet er en række sådanne by-økologiske projekter samt en række teoretiske og eksperimentelle studier blevet vurderet. Vurderingen hviler på følgende grundlag:

Hver person producerer hvert år ca. 55.000 liter affald, hvoraf langt det meste er vand fra bad, vask og toiletskyl. En lille del af dette affaldsvolumen er langt mere koncentreret end resten og indeholder 80-90% af den samlede mængde næringsstoffer og organisk stof. Det

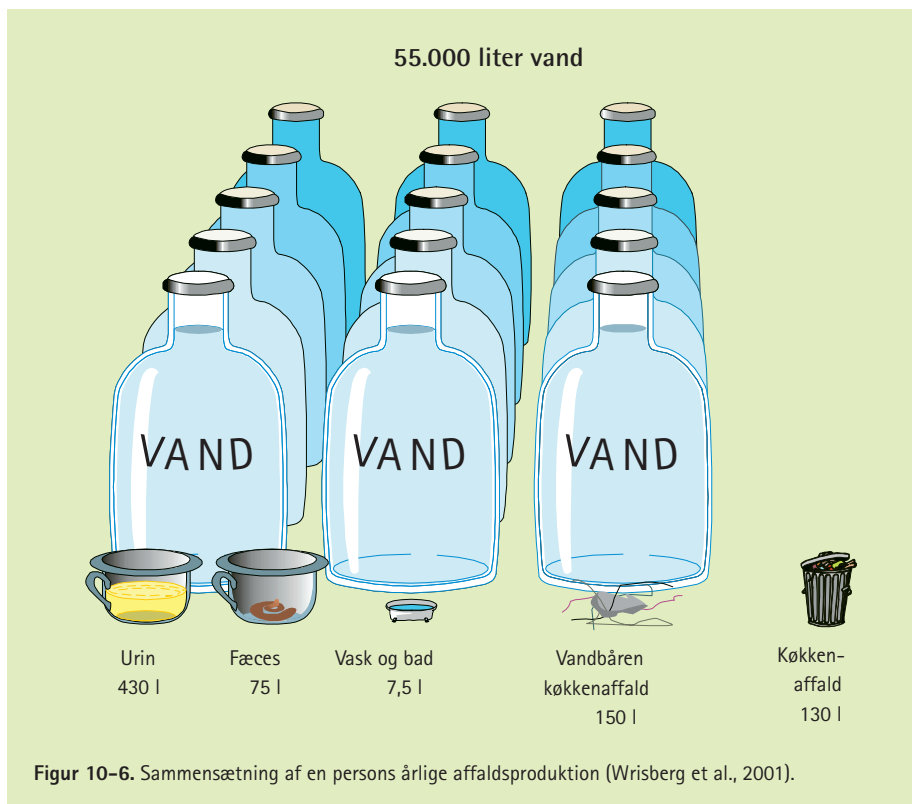
drejer sig om de såkaldt primære affaldsvolumener: urin (430 liter), fæces (75 liter) og organisk husholdningsaffald (130 liter), se figur 10-6. Af dette følger, at 80-90% af næringsstofferne findes i mindre end 700 liter affald, og beregninger viser, at hvis dette kunne holdes adskilt fra hovedstrømmen af spildevand, så ville der ikke være behov for at rense resten af spildevandet for næringsstoffer.

Udfordringen består altså i at udvikle håndteringssystemer for den koncentrede del af spildevandet, som gør det muligt at kanalisere den uden om det øvrige spildevand, og som giver mulighed for at udnytte dens indhold af næringsstoffer. Samtidig skal disse systemer være acceptable ud fra sundhedsmæssige, økonomiske, æstetiske og miljømæssige hensyn.

Fremtidens teknologier skal med andre ord være lige så hygiejniske, komfortable og driftsikre som de nuværende, samtidig med at de skal være omtrent lige så billige og miljømæssigt give en langt bedre løsning på affaldshåndteringen.

Systemer til håndtering af byaffald

De væsentlige komponenter, der skal videreudvikles, er toiletsystemer og opbevaringstanke. Det er ikke meningen at give en detaljeret redegørelse for de tekniske komponenter her (der henvises til



Wrisberg et al., 2001). Kort fortalt har de fleste danske by-økologiske forsøgsprojekter benyttet sig af forskellige prototyper af kildesortierende toiletter – dvs. toiletter, hvor man kan holde urin og fæces adskilt (figur 10-7).

De er hensigtsmæssige, fordi de kan håndtere urinen med et meget lavt forbrug af skyllevand, og fordi de kan udvikles til at håndtere fæces med ringe vandforbrug – enten ved brug af vakuum eller ved frasortering af de faste dele efter udskylning. Altså kan man med nye toilettyper nå hen mod et affaldsvolumen, der ligger tæt på de primære affaldsvolumener (430 liter urin og 75 liter fæces pr. person pr. år).

I dag producerer vi årligt fra toiletter-

ne op mod 17.000 liter affald pr. person, mens vi i fremtiden kan nærme os 2000 liter affald pr. person. Det er ikke mere end at det, kan køres væk fra boligen i en tankvogn sammen med det organiske husholdningsaffald, og derved ændrer spildevandet fra boligerne sig fra at være rigt på næringsstoffer og organisk stof til at være næringsfattigt og med et lavere indhold af organisk stof. Spildevandet fra nutidens boliger kaldes for “sort spildevand”, mens spildevandet fra boliger, hvor toiletaffaldet ikke indgår, kaldes for “gråt spildevand”.

Det grå spildevand vil indeholde en lang række stoffer, som er miljøbelastende, heriblandt tungmetaller og miljøfremmede organiske stoffer, som stam-



Figur 10-7. Kildesortierende toilet.

mer fra, bl.a. byggematerialer, vaskemidler, kosmetik og sodpartikler (kaldes med en fællesbetegnelse xenobiotika). Der er forskellige muligheder for håndtering af det grå spildevand, bl.a. vil det i forbindelse med nybyggerier ofte være muligt at lave lokal rensning med efterfølgende udledning til recipient eller nedsivning til grundvand. I etableret byggeri vil det være naturligt at benytte sig af eksisterende kloakker. I det følgende vil det grå spildevand ikke blive omtalt yderligere.

Der er to grundlæggende forskellige metoder til at håndtere det koncentrerede, sorte spildevand (figur 10-8). Den ene metode benytter indsamling af alt det næringsrige affald i en enkelt tank,

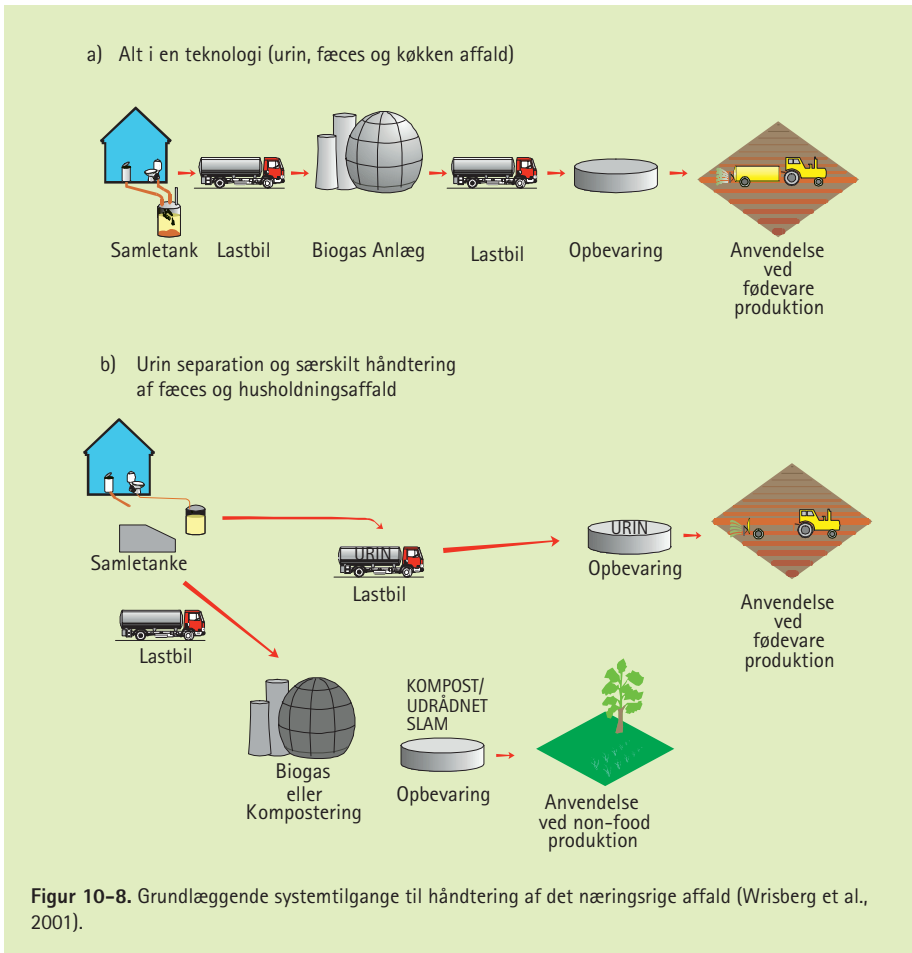
hvorefter det hygiejniseres – fx under udnyttelse til biogasproduktion. I den anden metode holdes urinen særskilt i en tank og bringes efter passende lagring ud som gødningsmiddel (se følgende afsnit om sundhedsmæssige udfordringer). Organisk husholdningsaffald håndteres sammen med fæces i en anden tank og hygiejniseres fx under udnyttelse til biogasproduktion eller ved en kompostering. Slutproduktet vil så kunne anvendes som gødning ved non-food-produktion (biobrændsel, plantagedrift m.m.).

Den første metode har den store fordel, at den er noget billigere at installere, da der kun skal bruges én tank. Den anden har andre fordele: Som det skal vises nedenfor, er der klare tegn på, at urinen i sig selv er et meget rent produkt mht. uønskede stoffer, og at det er forholdsvis enkelt at sikre sig mod smittekim i menneskeurin. Af den grund finder mange landmænd det umiddelbart mere betryggende og æstetisk at nøjes med at anvende urinen i forbindelse med fødevarerproduktion, og henvise resten til non-food-produktion. Imidlertid kan det blive ganske dyrt at indføre denne type håndtering, og der er al mulig grund til at afprøve begge koncepter for at få en bedre viden om systemernes styrker og svagheder. Begge systemer tillader fuld recirkulering af næringsstoffer og øget udnyttelse af det organiske stof, i forhold til nutidens systemer.

De sundhedsmæssige udfordringer

Udviklingen af nutidens affaldshåndteringssystemer har som nævnt indledningsvist først og fremmest været drevet af sundhedsmæssige hensyn. Hygiejnen i

hjemmet og i nærmiljøet må ikke sættes over styr af ændrede håndteringssystemer, og derfor er der brug for ret omfattende undersøgelser af smitstoffers over-



levelse og spredning fra nye systemer sammenlignet med de gamle, gennemprøvede systemer.

I den ovenfor beskrevne undersøgelse af by-økologiske projekter blev der bl.a. opsamlet og undersøgt menneskeurin. Undersøgelserne viste, at urinen efter 3-4 måneders lagring var fri for levedygtige bakterier. Under opbevaringen udvikler urinen sig til at blive basisk, og det formodes at give urinen en slags selvren-

sende evne. I laboratorieundersøgelser blev urinen tilsat en række forskellige bakterier, *Vibrio cholerae* og *Salmonella typhimurium*, og samtlige undersøgelser viste, at kun få bakterier var tilbage efter nogle få timer, mens ingen kunne spores efter 48 timer.

I nogle enkelte tilfælde blev der i urintankene fundet levedygtige sporer af parasitterne Cryptosporidier og Giardia¹¹. Ved sammenligning viste kvæg- og svi-

11. Sporedannende parasitter som kan inficere svækkede mennesker såvel som nyfødte dyr, og som derfor kan være problematiske i jordbruget

negylle sig at indeholde langt større mængder bakterier og parasitter, og derfor tyder disse foreløbige undersøgelser på, at menneskeurin kan anvendes efter passende lagring uden at løbe en større risiko, end man gør med husdyrgødning.

Der er endnu en lang række udestående sundhedsmæssige spørgsmål, der skal afklares i forbindelse med ændring-

er af affaldshåndteringssystemerne. Det gælder både hvad angår boligmiljø, arbejdsmiljø og det omgivende miljø, som i sidste ende skal modtage de nye affaldsprodukter. Der er dog på nuværende tidspunkt god grund til at tro, at det er muligt at gøre tingene anderledes uden at tage større sundhedsmæssige risici.

De samfundsmæssige udfordringer

“Det eneste gode der er sket i de sidste århundrede er opfindelsen af vandklosetet”, skrev en af datidens meningsdannere i Jyllandsposten d. 2 januar 1900. Dette understreger med al tydelighed betydningen af den øgede komfort i boligen,

som har kendetegnet overgangen fra fortidens til nutidens sanitære løsninger. Brugervenlighed, nem renholdelse og god hygiejne er da også stadigvæk absolutte krav i forbindelse med nye indretninger af boligen.



Figur 10-9. Villabeboer, der henviser natlig hækepisser til baghaven. Tegning Craig Stephens.

Et andet forhold, som er taget med i vurderingen af nye systemer, er, om de vil give anledning til øget lokal deltagelse i affaldshåndteringen. Det vil de fleste systemer, som er baseret på bedre sortering af husholdningsaffald og tættere kontakt mellem land og by. I øjeblikket er det ikke klart, om det i befolkningen i Danmark vil blive vurderet som overvejende positivt, hvis udviklingen bevæger sig i den retning.

I Sverige har der været fokus på kilde-sorterende toiletter i de senere år med betydelige offentlige tilskud til installering i bebyggelser og tilladelse til efterfølgende brug af menneskeurin i forbindelse med landbrugsproduktion. Der har været en omfattende offentlig debat på området, og på den måde er der skabt en bevidsthed i befolkningen om recirkulering af næringsstoffer. I en spørgeskemaundersøgelse omfattende ca. 1000 husstande blev der foretaget en

undersøgelse af holdningen til brug af menneskeurin ved landbrugsproduktion. Undersøgelsen viste, at næst efter kvæggødning blev menneskeurin opfattet som den mest acceptable gødning efterfulgt af svinegødning, handelsgødning og til sidst spildevandsslam. Dette tyder på, at det er muligt at opnå betydelig accept af nye recirkulerende teknologier.

Hidtidige danske erfaringer tyder på, at det også her er muligt at få byboere til at acceptere kildesorterede toiletter. Brugerundersøgelser i en beboerforening har vist, at de sorterende toiletter kun i mindre grad kræver ændrede vaner, idet enkelte brugere har anført, at der er behov for mere rengøring. Brugere har desuden anført, at de er indstillet på at fortsætte med at bruge de sorterende toiletter, hvis der er udsigt til, at urinen kan bruges på de dyrkede arealer i tilknytning til boligforeningen.

Jordbrugsmæssige udfordringer

Her vil de forskellige jordbrugsmæssige udfordringer kort blive beskrevet i sammenhæng. I de følgende afsnit bliver de uddybet hver for sig.

Et af de forhold, der har bidraget til at sætte fokus på recirkulering af næringsstoffer fra by til land, er fremvæksten af en række økologiske planteavlsbrug, der imødeser vanskeligheder med at få næringsstoffer nok. Der har været drøftet forskellige løsninger på problemerne, bl.a. etablering af returordninger for økologisk grøntaffald. En problemstilling, som imidlertid ofte overses, er, hvor store mængder næringsstoffer, der skal erstattes, og at fx grøntaffald udgør en meget lille kilde.

En 100 hektar stor planteavlsbedrift vil typisk have behov for tilførsel af 10.000 kg kvælstof, hvilket svarer til den samlede mængde i affaldet fra 2500 personer eller 100 køer. Der skal med andre ord 25 personer til at erstatte en sortbroget ko, og der er behov for ret omfattende ændringer i boligkvarterer for blot at kunne forsyne nogle få bedrifter med næringsstoffer. Det fører naturligt frem til den erkendelse, at det næppe bliver gødningsværdien, der kommer til at betale for de ændringer i byernes infrastruktur, der må foretages, hvis byerne skal blive til recirkulerende organismer. Som det vil blive drøftet nedenfor er det heller ikke gødningsværdien, der er den eneste op-

lagte finansieringskilde til ny teknologi og infrastruktur på dette område.

Rent bortset fra de tekniske og finansielle udfordringer, der foreligger ved omstilling af byernes kredsløb, så forbliver den største jordbrugsmæssige udfordring at sikre produktionssystemernes sundhed og omdømme. At sikre sammenhængen i næringsstofbalancen er det første skridt på vejen til at kunne opretholde en passende høj frugtbarhed og produktivitet. Det er imidlertid en stor udfordring for den enkelte bedrift at indgå i et større kredsløb med afhængighed af byerne, og der er både kortsigtede og mere langsigtede aspekter af dette.

På kort sigt vil det mest påtrængende problem være at sikre, at udbringning af bygødninger ikke fører til sygdomsproblemer for dyr og mennesker, der consu-

merer de by-gødede afgrøder. Problemer med epidemier kan få ødelæggende konsekvenser for et produktionssystemets omdømme. Derfor er det som nævnt ovenfor meget væsentligt, at der udføres en forskningsindsats og efterfølgende den nødvendige kontrol med kvaliteten af den bygødning, der anvendes til fødevarereproduktion.

Et mere langsigtet problem kan være, om bygødning har utilsigtede effekter på jordens kvalitet og derigennem på produktionssystemernes integritet. Der er på nuværende tidspunkt erfaringer med tabt jordkvalitet i forbindelse med akkumulering af tungmetaller i jord, hvor helt centrale biologiske nøglefunktioner kan blive ødelagt (se også side 97). Vi ved, at jorderne i Danmark er meget robuste – men det kan gå galt!

Bygødninger fra nutidens og fremtidens byer

Dette hovedafsnit indeholder en mere detaljeret drøftelse af bygødningernes virkning i jordbruget samt af de potentielle problemer, der kan være ved at forbinde landbrugsjorderne med byernes affaldsprodukter. I tabel 10-1 gives en oversigt over egenskaber ved nutidige og fremtidige bygødninger.

Spildevandsslam

I disse år er spildevandsslam den største enkeltkilde til tilbageførsel af næringsstoffer fra by til land. Under spildevandets rensning tilbageholdes størstedelen af dets indhold af fosfat (P) og en mindre del af dets kvælstof (N) i slammet, mens en række andre mineraler (kalium, svovl og en del mikronæringsstoffer) går tabt. Rensningsanlæggene er primært indrettede med henblik på at hindre ud-

slip af P og organisk stof for dermed at undgå skadevirkninger på de akvatiske økosystemer, der fungerer som recipienter. Systemerne er altså ikke indrettede med henblik på recirkulering.

Bortset fra evt. problemer med tungmetaller og organiske fremmedstoffer, rummer slammet hygiejniske problemer. Derfor skal det nedmuldes straks efter udbringningen, med mindre det har gennemgået en hygiejnisering, og derfor skal udbringningen ske før såning. I en række landøkonomiske forsøg har man afprøvet gødningsvirkningen (se nedenfor) af efterårsudbragt slam på vinterhvede, som er en af de altdominerende korntyper i disse år.

Vinterhveden optager ikke større mængder kvælstof i løbet af efteråret og vinteren, så der er normalt risiko for ud-

	Produkt	Kommentar
Nutidens byer	Spildevandsslam	Rigt på fosfor (P), men fattig på de fleste andre næringsstoffer, særlig N, K, S og nogle mikronæringsstoffer. Anses for at være en tvivlsom gødning fordi den er dårligt balanceret og indeholder ukendte mængder af organiske fremmedstoffer (xenobiotika). Problemer med tungmetaller kan forekomme ved længere tids anvendelse som bygødning.
	Kompost af husholdningsaffald	Der har været problemer med højt indhold af tungmetaller, som nu er på niveau med indholdet i spildevandsslam. Der er ringe hygiejnisk risiko ved central kompostering bortset fra håndteringen af materialerne forud for komposteringen. Er komposten domineret af haveaffald vil den oftest være mere egnet som jordforbedringsmiddel end som gødning.
	Aske fra decentrale kraftvarmeværk baseret på bio-brændsler	Rig på kalium (K), svovl (S) og visse mikronæringsstoffer. I forbrændingsanlægget sker der en sortering af asken. Noget af denne bør ikke bruges, da den indeholder høje niveauer af tungmetaller.
Fremtidens byer	Spildevandsslam	Se ovenfor. Vil være tilstedeværende som mulig bygødning i mange år fremover. Kan blive mindre problematisk hvis indholdet af organiske fremmedstoffer og tungmetaller mindskes i samfundets massestrømme i fremtiden.
	Human urin	Vel balanceret næringsstofkilde. Med passende opbevaring udgør det ikke en hygiejnisk risiko under håndteringen, eller for konsumenter af produkterne, iflg. svenske undersøgelser. P.t. kan human urin ikke bruges i forbindelse med produktion af statskontrollerede økologiske produkter, da human urin ikke er omtalt som en økologisk gødningskilde.
	Kompost af fæces/husholdningsaffald	Se ovenstående. Indførelse af human fæces kan øge risici under håndtering, mens risici ved efterfølgende brug er ukendte.
	Udrådnet slam af bioforgasset fæces/husholdningsaffald	Er ikke blevet implementeret i Danmark med held, hverken med eller uden human fæces. I en del tilfælde er organisk affald dog tilsat som en mindre komponent ved bioforgasning af husdyrgylle. Nuværende biogasanlæg er i hovedsagen baseret på husdyrgylle, spildevandsslam og fedtholdigt industriaffald.
	Aske fra decentrale kraftvarmeværk baseret på bio-brændsler	Se ovenstående

Tabel 10-1. Oversigt over egenskaber ved nutidige og fremtidige bygødninger (baseret på Mueller og Magid, 1998).

vaskning af kvælstof i form af nitrat. 100 kg kvælstof fra slam (organisk såvel som uorganisk) har ved sådanne efterårsudbringninger vist sig at have samme gød-

ningsvirkning som 25 kg kvælstof fra handelsgødning, der er blevet udbragt om foråret – man siger, at slam har en virkningsgrad på 25. Ved forårsudbring-

ning (også til korn) har man nået en virkningsgrad på 33, hvilket kan synes lavt i betragtning af, at der i dette tilfælde næppe sker en udvaskning, før vårkornet optager kvælstoffet. Dog skal man tage i betragtning, at en stor del af kvælstoffet i slammet ikke er plantetilgængeligt, før det er omsat fra organisk til uorganisk form. Vårkornet ophører med at optage kvælstof ca. 60 dage efter fremspiring, hvilket ikke er tilstrækkeligt til, at det organiske stof kan nå at blive fuldt omsat.

De opnåede virkninger i vinterkorn er ikke tilfredsstillende set med lovgivningens øjne, idet mindst 30 % af det tilførte kvælstof skal udnyttes første år. Efter al sandsynlighed vil en bedre udnyttelse kunne opnås ved valg af andre afgrøder, som optager mere kvælstof om efteråret og udvikler mere dybtgående rodsystemer (fx vinterraps), men det skal dokumenteres under danske forhold.

Kompostprodukter

Kompostering er en proces, der har fascineret både lægmænd, landmænd og videnskabsfolk (fx har Charles Darwin beskrevet den i en afhandling: "The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms"). En af grundlæggerne af økologisk jordbrug, Lady Eve Balfour, skrev i sit hovedværk "The Living Soil": "... it seems like a miracle that no matter what activator is used – pig muck, blood, night soil or sewage sludge – the final product is inoffensive to crumble, and has the pleasant earthy smell of old leaf mould". Balfour understregede endvidere at "... humus while a product of the decomposition of animal and vegetable residues is far from dead in the sense of having returned to the inorganic world from which all life is supposed to have originated." En anden af økologisk jordbrugs

grundlæggere, Sir Albert Howard, var optaget af kompostens betydning for regulering af planters sundhed, de såkaldte fyto-sanitære virkninger, som er beskrevet kort nedenfor.

Kompost blev altså tillagt mange betydninger ud over den rene recirkulering af næringsstof. Således var kompostering, som repræsenterer menneskets bidrag til jordens organiske stofkredsløb, en hjørnesten i udviklingen af bio-dynamiske, "organiske" og økologiske jordbrugssystemer.

I nutidens økologiske jordbrug er kompostering mindre populært, hvilket til dels skyldes det arbejde, der skal gøres, men også at der er større bevidsthed om de mulige tab af næringsstoffer, navnlig kvælstof, der oftest forekommer under komposteringen og endelig at kompostens virkning som kvælstofkilde er meget beskeden. Dertil kommer, at frisk kompost midlertidigt kan gøre kvælstoffet utilgængeligt for planterne (immobilisere det), fordi tilførelsen af kompost får jordens mikroorganismer til at vokse i mængde og optage næringsstoffer – herunder kvælstof – der ellers havde været tilgængelige for afgrøden.

Kvælstofvirkningen er dog langt fra den eneste egenskab ved kompost, der bør tages i betragtning. Ud over at kompost virker forbedrende på jordens fysiske egenskaber, og med stor fordel kan bruges ved produktion af højværdiafgrøder (prydplanter, frugt og grøntsager), så har det en klar virkning på planternes sundhed (fytogygiejniske eller fyto-sanitære virkninger).

Det er fx blevet vist, at kompost virkede undertrykkende på skadeorganismerne *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Aphanomyces euteiches*, *Botrytis cinera* og *Sclerotinia homoeocarpa*. En særdeles stærkt undertrykkende virk-

ning havde en kompost med tilsætningen af hamp, som antages at indeholde stoffer, der i sig selv undertrykker skadeorganismer.

Menneskeurin

I Sverige er der som tidligere omtalt de senere år indhøstet erfaringer med menneskeurin fra kildesortering toiletter. Bl.a. har man fundet ud af, at dets gødningsvirkning (målt på kvælstof alene) ligger på 70-80 % af handelsgødningsvirkning – den laveste værdi skyldes formentlig NH_3 -fordampning. Ved en anden lejlighed fandt man, at urinen havde samme virkning som NH_4NO_3 -gødning.

I forbindelse med de tidligere omtalte byøkologiske projekter er der gennemført et måleprogram på urin (tabel 10-2). Måleprogrammet blev i al væsentlighed tilrettelagt for at undersøge hygiejne

og sundhedsrisici, og i samme anledning blev der analyseret for en række næringsstoffer, tungmetaller og fremmedstoffer, heriblandt kvælstof (N), cadmium (Cd), krom (Cr), nikkel (Ni), kobber (Cu), zink (Zn), kviksølv (Hg) og bly (Pb) samt de organiske fremmedstoffer polyaromatiske hydrocarboner (PAH), diethylhexylphthalat (DEHP), nonylphenolethoxylater (NPE) og lineære alkylsulfonater (LAS). De væsentligste resultater skal kort gennemgås nedenfor.

Det ses af tabel 10-2, at indholdet af organiske fremmedstoffer og tungmetaller i menneskeurin er 100-1000 gange lavere end indholdet i hhv. spildevandsslam og kompost. Det er forudsigeligt, at koncentrationerne er lave, men andre har målt højere indhold af Cd og Zn, muligvis fordi der har været anvendt galvaniserede rør i forbindelse med installationerne.

Kilde	Menneskeurin		Kompost	Slam
Stof	mg pr. kg N			
Cd	0,028	[0,014]	35	32,9
Cr	0,456	[0,438]	1118	929
Cu	19,2	[19,0]	5588	17857
DEHP	3,9	[3,74]	1176	857
Hg	0,16	[0,12]	12	31,4
Ni	1,98	[0,877]	1000	571
NPE	3,95	[2,50]	59	357
PAH	0,10	[0,08]	59	143
Zn	65,6	[31,2]	16471	7000

Tabel 10-2. Oversigt over fund af tungmetaller og fremmedstoffer i human urin (Wrisberg et al., 2001) sammenlignet med standardværdier for dansk spildevandsslam og kompost (angivet af Eilersen et al., 1999). Kantede parenteser angiver standardafvigelser. Angivelsen af stofmængden i mg pr. kg kvælstof (N) er relevant, fordi den viser, hvor meget der vil blive tilført jorden med bygødnings, hvis landmanden ønsker at bruge den som kvælstofkilde.

Forholdet mellem indholdet af hhv. N, P og K i urinen kan udtrykkes som 18:1:4. Det er et forhold, som passer godt med planters næringsstofbehov. Til sammenligning kan nævnes, at forholdet mellem N, P og K i spildevandsslam er 14:10:1.

Sammenfattende kan det siges, at menneskeurin kvalitetsmæssigt udgør en attraktiv fuldgødning sammenlignet med hhv. spildevandsslam og kompost. Det væsentligste problem er den lave koncentration, næringsstofferne optræder i. Således indeholder urinen ofte kun 2 kg kvælstof pr. tons. Dette vil give betydelige omkostninger i forbindelse med udbringning, og det aktualiserer behovet for afprøvning af alternativer til store

tankvogne, der kan give anledning til alvorlige tryksskader under udbringning på fugtig jord.

Bioforgasset byaffald

Den hidtidige erfaring har været præget af, at det endnu ikke har været muligt at få bioforgasning af byaffald til at fungere tilfredsstillende rent teknisk, med mindre det tages med som en mindre komponent i anlæg, der er baseret på husdyrgødning. Regeringen har besluttet, at 7 % af landets husholdningsaffald skal bioforgasses fra år 2004, og der er igangsat forsøg med at få anlæg til at fungere. Det har endnu ikke været muligt at lave jordbrugsmæssige forsøg med biogasslam fra husholdningsaffald.

Ændring af jordkvaliteten med potentiel indflydelse på økosystemet

Som omtalt ovenfor er en af de væsentlige jordbrugsmæssige udfordringer at sikre produktionssystemernes fortsatte sundhed og omdømme. Vores viden om utilsigtede virkninger af bygødninger er begrænset, særligt hvad angår de organiske fremmedstoffer, som fortsat vil være at finde i fx spildevandsslam. Et af de områder, hvor vi dog har en solid viden, er tungmetallerne, og derfor vil der i det følgende blive lagt særlig vægt på dem.

Tungmetalindhold

Tungmetaller er uønskede, men uundgåelige indholdsstoffer i det spildevandsslam, byerne kan levere. Der udskilles tungmetaller fra byggematerialer såsom

kobberrør og tagbelægninger, og der forbruges en betydelig mængde af fx zink i kosmetik. Selv fra byområder uden industri har der ifølge engelske undersøgelser været gennemsnitskoncentrationer af kobber i spildevandsslam på ca. 500 mg pr. kg tørstof, og af zink på 1000 mg pr. kg tørstof. Disse tal ligger over gennemsnittet for dansk spildevandsslam, men tjener til at illustrerer de store vanskeligheder, der vil være forbundet med at få "rene" varer fra byerne, med mindre affaldshåndteringen ændres radikalt i retning af fx indsamling af menneskeurin, fæces og kildesorteret organisk husholdningsaffald (se også tabel 10-3).

Andel af totale indhold af de enkelte tungmetaller, %

	Cd	Pb	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni
Husholdninger	20	25	4	62	28	2	17
Afløb fra gader	3	29	0	6	10	2	9
Industri	61	1	58	3	5	35	27
Uidentificeret belastning	16	44	38	29	57	61	47

Tablet 10-3. Skøn over kilder til tungmetalinhold i spildevandsslam fra engelske byområder (Critchley and Agg, 1986).

Tungmetallers indvirkning på biologiske nøgleprocesser i jord

Generelt gælder det, at tungmetaller i jord kun i ringe omfang optages af planter, og at det kan være et problem at sikre voksende afgrøder en tilstrækkelig forsyning af fx kobber og zink. Derfor er der kun fundet få tilfælde af planteskader forvoldt af menneskeskabt tungmetallforurening (ved meget høje tungmetalkoncentrationer i jorden). Som eksempel kan nævnes, at man på en engelsk forsøgsgård tilførte tungmetalbelastet spildevandsslam til nogle forsøgsarealer i perioden fra 1942 til ca. 1962. Disse forsøg blev standset, fordi der blev iagttaget et stærkt stigende tungmetalinhold i jorden, men man kunne ikke konstatere skadevirkninger på afgrøder fra arealerne i de følgende år – bortset fra rødbede, som er særlig følsom over for nogle tungmetaller.

Det vakte derfor stor overraskelse, da kløver, som blev udsået på de slambehandlede arealer, var gullig og hensygnende, mens kløver, som groede på uforurennet jord (kontroljord) var sund og mørkegrøn. Nærmere undersøgelse

af den syge kløver viste, at dens rødder ikke besad de normale, store og lyserøde bakterieknolde, men kun havde dannet små hvide knolde som dem, ærteblomstrede planter ofte danner, når de går i symbiose med bakterier, der har mistet evnen til at fikserer kvælstof (se også side 163).

Kløverplanterne på den forurenede jord gav langt under halvdelen af det udbytte, de sunde planter gav. Disse observationer kunne uden videre gentages i laboratoriet, men samtidig kunne den ringe kløvervækst hindres ved tilførsen af uorganisk kvælstof til den tungmetalforurenede jord. Ved brug af en særlig metode (¹⁵N-isotopfortyndingsmetoden) blev det vist, at kløver, der voksede i den tungmetalforurenede jord, ikke kunne binde kvælstof fra luften. Altså var der klare tegn på, at forekomsten af tungmetaller i jorden havde forstyrret de kvælstofbindende bakterier, så de havde mistet denne værdifulde egenskab.

Disse resultater er siden blevet bekræftet af uafhængige observationer fra spildevandsbehandlet jord fra Braunschweig, Tyskland, og har ført til en om-

	Cadmium	Chrom	Kobber	Kviksølv	Nikkel	Bly	Zink
År til forøgelse af indhold	47	-	26	35	55	47	20
År til sænkning af indhold	12500	187500	6500	94000	13000	375000	2400

Tabel 10-4. Antallet af år det tager at forøge indholdet af tungmetaller i jord til EU-grænseværdierne, når spildevandsslam anvendes maksimalt tilladeligt ifølge EU lovgivning, og antallet af år der derefter vil forløbe, før indholdet af tungmetal er sænket til halvdelen af EU-grænseværdien (se Witter, 1996).

fattende indsats for at forstå, hvad der nærmere kan ligge til grund for denne meget betydelige forringelse af jordens kvalitet. Det er nemlig sådan, at når en jord først én gang er blevet forurenset med tungmetaller, så vil det vare århundredre eller årtusinder, før dens indhold af tungmetal kan ventes at være faldet i nævneværdig grad.

Derfor disponerer nutidens generation for mange generationer ud i fremtiden, hvis den vedtager, at indholdet af tungmetal i jorden gerne må øges hastigt. Tabel 10-4 viser, at mens det typisk tager 20-50 år at fordoble indholdet af tungmetaller i jord, hvis man holder sig lige under grænserne for, hvad EU-spildevandslovgivningen foreskriver, så vil det tage 2.000-400.000 år at opnå en halvering af de forskellige tungmetaller i jorden.

Et af de mest bemærkelsesværdige resultater af forskningsindsatsen vedrørende tungmetallers effekt på knoldbakterier er, at giftvirkningen af tilført kobber ikke var akut, men først kunne iagttages 18 måneder efter tilførslen. Dette tydeliggør den store svaghed, der eksisterer i snart sagt alle undersøgelser af stoffers giftighed i naturen. Økotoxikologer arbejder nemlig stort set udelukkende med korttidsundersøgelser af akut toksicitet (timer eller dage), fordi ingen alligevel kan vide, hvor længe en undersøgelse skal forløbe

for at kunne sikre imod kronisk toksicitet.

Det bør bemærkes, at der gennem en længere årrække har været anvendt store mængder kobber og zink – navnlig i forbindelse med svineproduktion – hvilket efter al sandsynlighed må have medført en betydelig stigning af jordens indhold af disse stoffer på svinebedrifter. Således er udskillelsen af kobber fra slagtesvin i værste fald skønnet til ca. 1 kg pr. dyreenhed pr. år, og ud fra målte indhold i gødninger indsamlet fra et større antal bedrifter er den gennemsnitlige udskillelse skønnet til 0,55 kg pr. dyreenhed pr. år. Til sammenligning kan det nævnes, at der ved høst af 10 tons hvedekerner fjernes 20 gram kobber. Herefter kan det skønnes, at det vil vare ca. 60 år, før man kan forvente, at der indtræder skadevirkninger på jordens evne til kvælstoffiksering ved den pågældende fodringspraksis.

Der er en betydelig mængde undersøgelser, der viser, at jordens indhold af mikroorganismer (målt som biomasse) falder som et resultat af en langtidspåvirkning med tungmetaller fra spildevandsslam. Analyser af jorder forurenset med tungmetaller fra andre kilder, fx kobber og zink i svinegødning og kobberholdige svampemidler bekræfter, at reduktion i mikroorganismernes biomasse sker ved ret moderate, og somme tider forbløfende lave, metalforureninger.

Fremtidsperspektiver

På baggrund af den foreliggende gennemgang er det muligt at udstikke nogle perspektiver for 2025.

Helt overordnet betraget er byernes dysfunktionelle, set ud fra et recirkulerings synspunkt. De bestående affaldshåndteringssystemer, særlig kloakeringen og den medfølgende spildevandsrensning, resulterer i tab af værdifulde næringsstoffer til det akvatiske miljø (navnlig kalium og svovl samt visse mikronæringsstoffer), mens N i vidt omfang tabes til atmosfæren. Således er spildevandsslam et underlødigt gødningsprodukt alene ud fra næringsstofsammensætningen, dersom det skulle kompensere for næringsstofeksporerten fra økologiske bedrifter. Dertil kommer, at der er erkendte problemer forbundet med indhold af tungmetaller og ukendte virkninger af organiske fremmedstoffer, som er uadskillelige fra næringsstofferne i et system, hvor alt spildevand og afstrømmende vand (fra tage og veje) blandes sammen.

Det står klart, at organisk husholdningsaffald kan indsamles og viderebehandles, så det resulterende gødningsprodukt har et moderat indhold af tungmetaller. Derfor er husholdningsaffald et interessant produkt for fremtidige afprøvninger, hvad enten det er bioforgas- set eller komposteret.

Tilbage står, at byernes hovedprodukt indtil videre, og i mange år fremover, er og vil være spildevandsslam. Spørgsmålet er, om det er muligt at anvende dette produkt i et økologisk sædskifte? Det vil være muligt at forbedre slam som gødningsprodukt ved at iblande noget af asken fra decentrale kraftvarmeverker. Derved vil det kunne opnå et øget indhold af navnlig kalium, ligesom det vil

være muligt at finde askeprodukter, som på samme tid er rige på svovl og fattige på tungmetaller.

Det er en udfordring for en økologisk drevet bedrift at indgå i et stort kredsløb som aftager af byernes affaldsprodukter. Det kan med en vis ret hævdes, at kredsløbstankegangen står centralt i den økologiske tankegang, og at det netop derfor er naturligt, at økologiske brug søger at aftage næringsstoffer fra byerne. Dog kan man ikke se bort fra, at den enkelte driftsleder løber en risiko, som måske først på langt sigt kan afklares, ved at gå ind i et uoverskueligt, og for den enkelte ukontrollabelt kredsløb. Derfor må der udstikkes nogle retningslinier for, hvordan den risiko kan håndteres for de bynære økologiske og konventionelle bedrifter, der vælger at indgå i dette kredsløb på længere sigt.

Hvordan sikre mod utilsigtede effekter af bygødningsprodukter?

For at sikre forsvarligheden i anvendelse af gødningsstoffer fra byen vil det være naturligt, at der etableres fortløbende, systematiske afprøvninger af disse. I første omgang for at sikre, at de anvendes optimalt som gødningsmidler, men på længere sigt for at kontrollere deres virkning på jordkvaliteten, miljøet og sundhedstilstanden hos de dyr og mennesker, som aftager produkterne.

Samfundet bør bekoste fortløbende, systematiske afprøvninger af "bygødningsprodukter" som en slags risikopræmie, hvis byernes næringsstoffer skal recirkuleres. Det er væsentligt, at der indrettes denne slags "feltlaboratorier" af hensyn til vurdering af risici ved omstilling af byernes stofkredsløb hen mod størst mulig recir-

kulering, under samtidig hensyn til miljø- og sundhedsaspekter. For at kunne vurdere de langsigtede konsekvenser for udviklingen af jordkvaliteten¹² er det overordentligt vigtigt, at sådanne "feltlaboratorier" kan videreføres i en længere årrække, hvorfor de skal tilrettelægges, så det er muligt i perioder at drive dem med beskedne midler.

Dannelsen af selskaber til håndtering af bygødning

Det er karakteristisk for de fremtidige systemer for håndtering af det næringsrige affald, at de skal kunne håndtere ca. 2 m³ affald pr. person pr. år, samtidig med at der skal bruges affald fra 2-3000 personer til at dække næringsstofbehovet på en større moderne planteavlbase- ret landbrugsbedrift.

Det er samtidig vigtigt, at der løbende føres kontrol med kvaliteten af de gødningsprodukter, der leveres til landbrugsjorden – dels af hensyn til forekomst af smitstoffer, og dels af hensyn til en langsigtet sikring af jordens biologiske integritet. Endelig skal gødningen håndteres og opbevares i overensstemmelse med de miljømæssige krav, som gælder for andre organiske gødninger – hvilket betyder at de kun kan udbringes på bestemte tidspunkter af året.

Alt dette peger i retning af, at der er behov for at danne selskaber, som kan stå for indsamling, opbevaring, kvalitets-sikring og udbringning af bygødninger. Det er efter min opfattelse vigtigt, at landmænd (økologiske som konventionelle), der modtager bygødninger, selv er parthavere i sådanne selskaber og har indflydelse på og medansvar for deres drift. I sidste ende vil det være landman-

den, som vil blive ramt, hvis der opstår problemer med produktionssystemerne, og derfor har han eller hun en meget stor egeninteresse i, at gødningsprodukterne har den rigtige kvalitet.

Der kan tænkes mange slags selskabskonstruktioner med en lang række relevante parthavere: offentlige myndigheder, beboere, landmænd og politikere. Dansk Landbrugs Grovvarerelskab har for nyligt udtalt sin interesse for evt. at stå som formidler af næringsstoffer fra by til land, særligt i forbindelse med økologisk jordbrug. Ligeledes har en række økologiske landmænd givet udtryk for, at de i princippet kunne stå for en affaldsentreprise på byernes næringsrige affald. De har dog også markeret, at de helst gør dette i samarbejde med andre, konventionelle landmænd for at undgå at recirkuleringen fra byerne bliver koblet ensidigt til økologiske brug.

Hvem skal betale hvad

Det store spørgsmål i denne sag er, hvordan en omstilling af byerne til recirkulerende systemer skal finansieres. Som modtager af værdifulde næringsstoffer kan det jo være rimeligt, at landmænd i et vist omfang bidrager økonomisk, men i realiteten er værdien af næringsstofferne meget lille sammenlignet med de omkostninger, der vil være forbundet med at lave byerne om. På den anden side er det klart, at der er penge at spare, hvis det er unødvendigt at bruge energi og arbejdskraft på at rense spildevandet for næringsstoffer.

I forbindelse med "Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra by til land" (se litteraturlisten) har vi forsøgt at anslå de

12. Hermed tænkes på jordens frugtbarhed, biologiske aktivitet og diversitet, humusmængde og form, sårbarhed over for erosion, samt indhold af organiske og uorganiske skadestoffer.

samlede omkostninger ved den nuværende håndtering af spildevand. Dette er meget vanskeligt, fordi der skal tages højde for, at priserne i en længere årrække fremover vil være unormalt høje pga. den manglende vedligeholdelse af kloaksystemerne. Et konservativt skøn peger på, at de samlede omkostninger over en lang årrække ved traditionel spildevandshåndtering vil løbe op i godt 2000 kr. pr. person pr. år, svarende til ca. 1 % af bruttonationalproduktet (BNP).

Det er selvsagt endnu vanskeligere at give et skøn over omkostninger ved alternativ håndtering af spildevand, eftersom der ikke er erfaring med større vel-

fungerende løsninger på dette område. Vi har dog gjort forsøget, og er derfra nået frem til, at nogle af de foreslåede løsninger vil kunne gøres for ca. samme omkostninger som traditionel spildevandshåndtering. Dette er løsninger, der forudsætter en samlet håndtering af urin, fæces og organisk husholdningsaffald (fx til biogas forud for opbevaring og efterfølgende udbringning). Denne type løsning kræver kun én opsamlings-tank pr. boligenhed, hvorimod separat håndtering af urin forudsætter to opbevaringstanke og giver noget større omkostninger.

Vision: etablering af en ny platform for dialog mellem by og land

Det er grundlæggende enkelt og rimeligt, at fremtidens byer skal have så meget styr på stofskiftet, at næringsstofferne og det organiske stof kan recirkuleres uden at udgøre en fare for omgivelserne. Byerne skal kunne indvinde eget grundvand og på langt sigt leve med deres omgivelser uden at skade dem. Tankegangen inden for byplanlægning, byøkologi og forvaltning skal udvides til også at omfatte forståelse og ansvar for byernes stofskifte og et samarbejde med de bynære jordbrug, der kan hjælpe med til at aftage bygødnings.

Realiseringen af denne fremtidsvision vil kræve lang tids hårdt arbejde af græs-rødder, forskere, embedsmænd og politikere. Det er ingenlunde givet, at det skal lykkes, men der bliver i det mindste gjort ihærdige forsøg på det i disse år. Det er næppe forkert at sige, at der er mange tegn i tiden, som viser, at der er en alt for dårlig sammenhæng mellem by og land.

Landmændene og deres organisationer føler sig misforståede og lagt for had. Byboernes tillid og sympati for landbruget i sin helhed har været vigende, og ikke mindst dette har været med til at give økologisk jordbrug medvind. Ved at begynde en omstilling af kredsløbet i byerne kan der skabes en bevidsthed om sammenhænge, som for de fleste er uklare, og dermed skabe en platform for fornyet dialog mellem by og land helt nede på lokalt niveau i forbindelse med udvikling af nye affaldshåndteringsselskaber.

I fremtiden vil vi forhåbentlig se landmænd gå sammen med andre interessenter og danne selskaber, der kan stå for afhentning, opbevaring, kvalitetssikring og udbringning af bygødningerne.

Der skal tages højde for smitstofferne, tungmetallernes og fremmedstofferne indflydelse på produkterne og på deres langsigtede indvirkning på miljøet og på jordens kvalitet. Samfundets stof-



Figur 10-10. Kredsløbet mellem by og land skal genoprettes. Foto Bent Bennedsen, Agroteknologi, KVL.

kredsløb skal overvåges, således at skadelige stoffer i videst muligt omfang udgås. Specielt byernes kredsløb skal ændres med ny teknologi, så det tillader en tilbageførsel af næringsstoffer og organisk stof til de bynære landbrugsområder.

Forud for store ændringer i stofkredsløbet er der behov for en forskningsindsats, som går på tværs af jordbrugsvidenskab, sundhedsvidenskab, samfunds-

videnskab og tekniske videnskaber. Der er desuden behov for afprøvning af nye håndteringsmetoder inden for afgrænsede byområder, inden der laves generelle ændringer. Til gengæld er der meget store muligheder for at eksportere den viden og teknologi, der udvikles, til dele af verden, hvor der endnu ikke er etableret velfungerende affaldshåndteringssystemer i byområderne.