

# Vannets kretsløp i vår tjeneste – tilpassede VA-løsninger i u-land

Av Petter D. Jenssen og Kjell Esser.

Petter D. Jenssen er professor ved Institutt for tekniske fag,  
Norges landbrukshøgskole.

Kjell Esser er 1. amanuensis i Noragric, Norges landbrukshøgskole.

Innlegg på Verdens Vanndag 25. mars 2003

social aspects of sustainable technical solutions.

## Abstract

The UN Millennium Goal of supplying half a billion people with safe drinking water and over one billion people with adequate sanitation by year 2015 will require inexpensive ecological solutions that are well adapted to local conditions. Filtration of water through soil and sediments can provide safe drinking water. Sanitation systems used in developed countries are not suitable in most developing countries because of the high cost of installation and operation and because of the high demand for water for transportation of wastes. In developing countries, sanitation systems that facilitate recycling of plant nutrients will have the added advantage of reducing the need for importing expensive fertilizers. The Agricultural University of Norway has substantial experience in designing low-cost decentralized water treatment and sanitation systems in several developing countries. The knowledge gained is now communicated through an MSc program in environmental technology and management stressing both the ecological and

## Sammendrag

FNs millennium mål å skaffe en halv milliard mennesker sikkert drikkevann og over en milliard mennesker et rimelig sanitærsystem innen år 2015 vil kreve billige økologiske løsninger som er godt tilpasset lokale forhold. Filtrering av vann gjennom jord og sedimenter kan bidra til sunt drikkevann. Sanitærsystemer som benyttes i rike land er ikke brukbare i mange u-land fordi de er dyre å installere og operere og fordi de krever store mengder vann for å transportere avfall. I u-land vil sanitærsystemer som gjør det mulig å resirkulere plantenæringsstoffer gi en tilleggsgevinst ved at behovet for å importere dyr kunstgjødsel kan reduseres. Norges landbrukshøgskole har betydelig erfaring med å utvikle billige desentraliserte systemer for vannrensing og avløp i u-land. Kunnskapen som er utviklet blir nå formidlet gjennom et mastergradskurs med tittel "Environmental technology and management" som legger vekt på både økologiske og samfunnsmessige aspekter ved varige tekniske løsninger.

## Innledning

Over en milliard mennesker mangler tilgang til rent vann, og nesten halvparten av jordens befolkning (2,4 milliarder) mangler grunnleggende sanitærtjenester. Dette er blant årsakene til at det årlig dør drøyt tre millioner mennesker på grunn av vannbårne infeksjonssykdommer (tilsvarer 400 døde hver time året rundt). På FN's toppmøte i Johannesburg i 2002 ble det vedtatt en rekke mål for å bedre miljø og helse globalt (WEHAB 2002). Et mål er at "andelen mennesker uten tilgang til grunnleggende sanitærtjenester skal halveres innen år 2015". Dette er et ambisiøst mål som innebærer at vi i gjennomsnitt må gi over hundre tusen mennesker rent vann og mer enn en kvart million mennesker et forsvarlig avløpssystem hver eneste dag i tolv år. Hvordan kan vi oppnå dette målet? Hvordan kan Norge bidra?

Vi må lære av historien. Vanddekaden 1980-1990 viste mange eksempler på hvordan ting ikke burde gjøres. På tross av FNs mål i 1980 om at alle mennesker i verden skulle ha tilgang på sikre vann- og sanitærordninger innen 1990, er situasjonen for store deler av verdens befolkning fortsatt prekær. Kostbare tekniske systemer ble bygget, men etter kort tid fungerte de ikke lenger. Dette er ikke noe nytt. Ser vi lengre tilbake, så finner vi en rekke eksempler på at mennesker har vært gode ingeniører, men resultatet har ofte vært at miljøet blir skadelidende. Romerne, for eksempel, bygde en akvadukt med millimeterpresisjon som ledet vann fra Atlasfjellene til kornkammeret

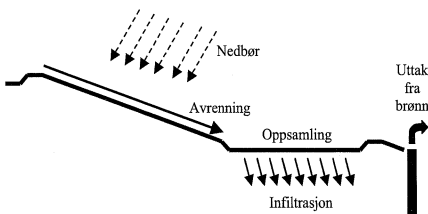
rundt Kartago. Idag er området, sammen med store deler av middelhavsområdet, forvandlet til ørken. Det var flere grunner til at dette. Felles for problemene er mangel på samspill mellom mennesker og natur.

For å redusere miljøproblemer må vi spille på lag med natur og samfunn. Dette betyr at vi må arbeide tverrfaglig. Ingeniører må utarbeide løsninger sammen med bl.a. biologer og samfunnsvitere. Sammen kan de utvikle økoteknologi som setter teknikken inn i et økologisk og samfunnsmessig perspektiv. Dette er uttrykt på en fin måte av Mitsch og Jørgensen (1989): "Ecological engineering is the development of human society with nature for the benefit of both". Vi har dessverre ofte utviklet teknologi til kortsiktig fordel for mennesket og ikke tatt tilstrekkelig hensyn til rammebetingelsene som løsningene er prisgitt.

Kunnskap om grunnleggende prosesser i vannets kretsløp kan hjelpe oss til å komme et stykke på vei mot de målene som FN har satt. Innenfor vannets store kretsløp via havet, gjennomgår vannet mange små kretsløp innenfor landbruk, industri og husholdninger. Vi skal i denne artikkelen se på noen eksempler på hvordan kunnskap om naturlige prosesser kan hjelpe oss å finne rimelige og bærekraftige løsninger på vann- og avløpsproblemer med særlig relevans for utviklingsland. Når det gjelder vann, så vil vi ta opp høsting av regnvann. For avløp vil vi se på muligheter til å redusere vannforbruket, samtidig som vi kan produsere gjødsel og energi fra avløp og organisk avfall.

## Regnhøsting

Mange land har ikke ressurser til å bygge sentraliserte vannforsyningsystemer basert på dammer, brønner, pumper og renselanlegg. Ved å utnytte kunnskap om jordas infiltrasjonsegenskaper, topografi og hydrogeologi kan det lages enkle systemer for regnhøsting (figur 1). Regnvann kan høstes på ulike overflater og lagres enten som grunnvann eller i tanker.



Figur 1. Prinsippskisse for høsting av regnvann for infiltrasjon og nydanning av grunnvann.

Forurenset overflatevann kan renses ved infiltrasjon. Dette kan skje ved at overflatevann ledes ned i en brønn og deretter siger gjennom sedimenter til en nabobrønn i passende avstand. Norge har internasjonalt anerkjent kompetanse på utvikling av systemer for infiltrasjon av avløpsvann og andre naturbaserte renseløsninger (Siegrist et al. 2000, Heistad et al. 2001, Jenssen og Krogstad 2002, Jenssen et al. 2002). Denne kunnskapen er direkte overførbart til regnhøsting. Høsting av regn benyttes også til jordbruksformål. Tekniske løsninger forutsetter at man

har tilgang på høstearreal med stor avrenning og dyrkningsjord med god infiltrasjons- og vannlagringskapasitet.

## Avløp som ressurs

Forholdet mellom nitrogen, fosfor og kalium i avløpsvann fra husholdninger er gunstig for planteproduksjon. I vestlige land kan 15-20% av kunstgjødselforbruket erstattes med gjødsel fra avløp. I utviklingsland kan 50% av dagens kunstgjødselforbruk erstattes med næring fra avløp (Etnier og Jenssen 1997). Teoretisk er det mulig å dyrke nok mat til verdens befolkning basert på plantenæringsstoffer i avløpsvann (Wolgast 1991).

Fosfor er en lagerressurs som vil ta slutt om 100 – 200 år (Bøckman et al. 1991). Det er derfor nødvendig å begynne å resirkulere fosfor. I Sverige er det framlagt forslag til regjeringen om at 70% av fosforet skal resirkuleres innen år 2010. Produksjon av nitrogengjødsel er energikrevende. Mange u-land har ikke råd til å importere kunstgjødsel. Utnyttelse av lokale gjødselressurser i avløp og organisk avfall kan derfor bidra til å øke matproduksjonen uten å belaste utenrikshandelen. I dag finnes det systemer som gjør dette mulig på en hygienisk betryggende måte. Noen eksempler på slike systemer, som også gjør det og mulig å spare vann og produsere bioenergi, er omtalt nedenfor.

Rundt en tredjedel av vannforbruket i byer med et tradisjonelt avløpssystem skyldes vannklosettet (Gardner 1997). Det vil ikke være mulig å nå målet fra Johannesburg om halvering av men-

nesker uten forsvarlig sanitærsystem dersom vi baserer oss på tradisjonelle avløpssystemer. Slike systemer bruker altfor mye vann og er for kostbare. Det vil heller ikke være mulig å ta i bruk i-landenes teknologi dersom vi skal lage bærekraftige løsninger. Frem-tidens løsninger i u-land må tilpasses lokale forhold som natur, tekniske og økonomiske ressurser, kompetanse samt kulturelle og religiøse preferanser.

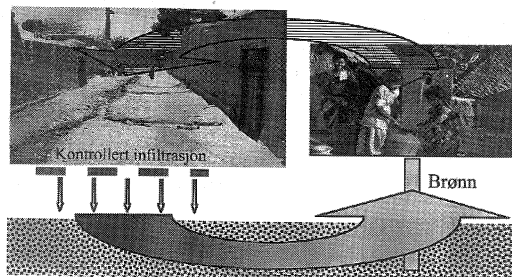
### Desentraliserte VA-systemer

Tradisjonelt har vi ønsket å samle avløpet i store renseanlegg. Slike systemer bruker mye rent vann som transportmedium. Dessuten tapes næringsstoffene til resipienter hvor stoffene kan forårsake forurensning. Vanligvis er 80% av kostnadene ved slike systemer knyttet til ledningsnett, mens 20% er knyttet til rensing. Mange land har hverken vann eller økonomiske resurser til å bygge slike systemer. Det finnes mange muligheter for å lage desentrale løsninger både i spredt og tett bebyggelse. Separat behandling av toalettavfall gjør det enklere å lage lokale løsninger. Dette skyldes at mesteparten av næringsstoffene (90% av nitrogenet og 80% av fosforet) samt de patogene organismene finnes i toalettavfallet.

Det finnes idag toalettssystemer som bruker lite vann samtidig som det er mulig å produsere gjødsel og energi. Disse systemene kan tilpasses ulike tekniske og klimatiske forhold og er svært interessante med tanke på bruk i utviklingsland. Slike systemer er ofte basert på kildesortering av avløpet og bruk av komposterende, urinseparerende eller ekstremt vannsparende toaletter (Jenssen 1996, Jenssen og Etnier 1997, Jenssen 2001).

En typisk situasjon i mange u-land er kloakk som renner åpen i gatene samtidig som vann hentes fra åpne brønner i umiddelbar nærhet (figur 2). Slike situasjoner gir ukontrollert infiltrasjon og stor fare for forurensning av grunnvann, særlig i områder med høyt grunnvannsnivå.

Hvis grunnforholdene ligger til rette for det kan situasjonen bedres ved en kontrollert infiltrasjon av avløpet. Dette kan være helt lokalt eller etter kort transport til et egnet infiltrasjonsområde. Dersom toalettavløpet tilføres infiltrasjonanlegget vil store mengder nitrat samt sykdomsfremkallende organismer utgjøre en trussel mot grunnvannet. Hvis toalettavløpet samles opp og behandles på en forsvarlig måte kan det bli til gjødsel samtidig som faren for forurensning av grunnvannet reduseres.



Figur 2. Åpent avløp og lokal brønn i Kabul. Prinsipp for oppgradering ved kontrollert infiltrasjon. Dette kan muligjøre en desentral løsning, særlig hvis fekalier og urin skilles ut og resirkuleres.

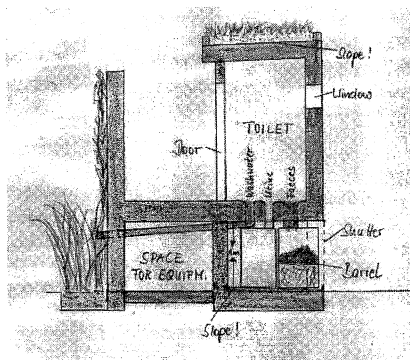
I deler av Kabul renner kloakken i gatene, men fekaliene blir hentet, kompostert og brukt til gjødsel. Det er bare urin og vaskevann som renner ut. Dette reduserer belastningen m.h.p. sykdomsfremkallende mikroorganismer, men nitratbelastningen er fortsatt tilstede fordi 80% av nitrogenet i avløp stammer fra urin. Hvis urinen også ble samlet, så ville faren for forurensing være sterkt redusert samtidig som det vil være mye lettere å behandle det resterende gråvannsløpet. Urin er tilnærmet steril og trenger noen måneders lagring før den er hygienisert og kan brukes som gjødsel i landbruk (Høglund 2001).

### Bangalore, India

NLH er rådgiver i et sveitsisk bistandsprosjekt i slummen i Bangalore. Formålet er å bedre de sanitære og helsemessige forholdene. De voksne gjør fra seg i utkanten av slummen i grålysningen. Denne praksisen fører til problemer med seksuell trakassering av kvinner. Kvinnene har derfor vært pådrivere for å bygge et toalettsenter. Toalettet skiller urin og fekalier (figur 3). Fekaliene komposteres og selges. Urinen selges og brukes som gjødsel i bananproduksjon. Vann til vasking av hender og anus renses i en lokal minivåtmark.

Første toalettsenter er ferdig. Kvinnene har en viktig rolle som bestyrere av senteret. De blir også gitt opplæring i grunnleggende hygiene som de viderefremidler til brukere av senteret. Ved å selge kompost og urin får slumbeboerne inntekter. For de som i utgangspunktet nesten ikke har inntekter kan dette bety mye.

Toalettsentrene kan være med å starte en økonomisk spiral som bidrar til å endre forholdene i slummen til det bedre.



Figur 3. Toalettsenter i Bangalore India. Urin og fekalier skilles og vaskevann renses lokalt.

### Havana, Cuba

I Havana er et "nullutslippshus" under bygging. I prinsippet er teknologien lik den som brukes ved studentboligene på Ås (Jenssen et al. 2002 Insula paper). Det skal brukes soldrevne vakuumpoletter og en-liters gravitasjonstoletter. Toalettavløp og våtorganisk avfall fra husholdningen skal behandles anaerobt og gi biogass og gjødsel til lokal jordbruksproduksjon. Prosjektet er støttet av NORAD og Global Environment Facility (GEF). Institutt for tekniske fag ved NLH er hovedansvarlig for teknologien. Gråvann skal renses lokalt i en konstruert våtmark. I et varmt klima hvor plantene er aktive hele året, kan våtmarken konstrueres uten bruk av bevegelige komponenter og vil gi grunnlag for å sammenligne designkriterier i varmt og kaldt klima.

Cirka 20% av grønnsakproduksjonen i Havana skjer innenfor byens grenser. Cubanerne kaller dette organoponisk dyrking. De bruker ikke kunstgjødsel eller sprøytemidler, men har likevel årlige avlinger på opptil 20 kg salat pr. m<sup>2</sup>. Cubanerne er svært interesserte i nye organisk-baserte gjødselkilder bl.a. fordi de ikke har råd til å importere kunstgjødsel. Behandlet svartvann er en potensiell ny gjødselkilde.

### Konklusjon

Realistiske løsninger for vann og avløp i u-land må baseres på lokale muligheter og lokale menneskelige og naturgitte ressurser. For at løsninger skal bli akseptert og vedlikeholdt, må de som bruker løsningene ha et eierforhold til dem, og løsningene må være sosialt relevante. Varige løsninger kan bare bygges opp ved å kombinere teknisk kunnskap med kunnskap om natur og samfunn. Norge kan bidra med kunnskap og erfaring fra alle fagfeltene. Det er derfor viktig å satse på utdanning og kapasitetsbygging både i Norge og i u-land. Norge kan bidra spesielt med enkle og tilpassede systemer for vann og avløpsløsninger. Som ledd i dette har NLH har startet et masterprogram (MSc) med tittel "Environmental Technology and Management" som tar opp vann og avløp i et samfunnsmessig utviklingsperspektiv.

### Referanser

Bøckman, O.C., O. Kaarstad, O.H. Lie og I. Richards. 1991. Landbruk og gjødsling. - mineralgjødsel i perspek-

tiv, Landbruksdivisjonen, Norsk Hydro, Oslo.

Etnier C. and P.D. Jenssen 1997. The human waste resource in developing countries. Examples of and options of nutrients in agriculture and aquaculture. Noragric NLH.

Gardner, G. 1997. Recycling organic waste: From urban pollutant to farm resource. Worldwatch Institute, paper 135, 58 p.

Heistad, A., P.D. Jenssen and A.S. Frydenlund. 2001. A new combined distribution and pretreatment unit for wastewater soil infiltration systems. In K. Mancl (ed.) Onsite wastewater treatment. Proc. Ninth Int. Conf. On Individual and Small Community Sewage Systems, ASAE, pp. 200 – 206.

Høglund, C. 2002. Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source separated human urine. PhD thesis. Royal Institute of Technology/Swedish Institute for Infectious Disease Control. Stockholm.

Jenssen P.D. 1996. Ecological engineering – fundamentals and examples. In: J. Staudenmann et al. (ed.) Recycling the resource: Proceedings of the second international conference on ecological engineering for wastewater treatment. Waedenswil, Switzerland, Sept. 18-22 1995. Transtec, pp. 15-23.

Jenssen. P.D. and C. Etnier. 1997. Ecological engineering for wastewater and organic waste treatment in urban areas - an overview. In: Mellitzer et al. «Water saving strategies in Urban renewal», Dietrich Reimer Verlag; Berlin pp. 51-60.

- Jenssen P.D. 1999. Norwegian system converts blackwater into fertiliser. *Water and Waste International*, April 1999 p.18-20.
- Jenssen P.D. 2001. Design and performance of ecological sanitation systems in Norway. First International Conference on Ecological Sanitation, Nanning, China. November 5-8, 2001.
- Jenssen, P.D and T. Krogstad. 2002. Design of constructed wetlands using phosphorus sorbing lightweight aggregate (LWA). In: Mander Ü. and Jenssen, P.D. (ed.), *Treatment wetlands in cold climate*. *Advances in Ecological Sciences*, no 11, pp. 259-272.
- Jenssen P.D., T. Mæhlum, T. Krogstad and L. Vråle. 2002. High Performance Constructed Wetlands for Cold Climates. Paper presented at the 8th Int. Conf. On Wetlands for Water Pollution Control, Arusha Tanzania 16-19 Sep. 2002.
- Mitsch, W. J. and S.E. Jørgensen. 1989. *Ecological Engineering: An Introduction to Ecotechnology*, Wiley Interscience, New York.
- Siegrist, R.L., E.J. Tyler and P.D. Jenssen. 2000. Design and performance of onsite wastewater soil absorption systems. Paper presented at National Research Needs Conference Risk-Based Decision Making for Onsite Wastewater Treatment, St. Louis, Missouri, 19-20 May 2000. USEPA, Electric Power Research Inst. Community Env. Center, National Decentralized Water Resources Capacity Development Project.
- WEHAB. 2002. [http://www.johannesburgsummit.org/html/documents/wehab\\_papers.html](http://www.johannesburgsummit.org/html/documents/wehab_papers.html).
- Wolgast, M. 1992. *Rena vatten: Omtankar i kretslopp*. Creanom, Sweden, 187 p.