

# Jordbaserte rensemetoder

## - erfaringer og nyheter

Av Petter D. Jenssen\*,  
Per Kraft\*\*, og  
Jens Chr K hler\*\*

\* Institutt for tekniske fag, Norges landbrukshøgskole  
\*\* JORDFORSK

### Sammendrag

Jordbaserte rensemetoder er teknisk enkle, har lave driftsutgifter og er billige   bygge. Rensing i jord foregår ved fysiske, kjemiske og biologiske prosesser. Programmet "Naturbasert avløps-teknologi" (NAT-programmet) skal dokumentere renseseffekt og hydrauliske forhold i kaldt klima. Resultatene legger grunnlag for bedre dimensjonering av jordrenseanlegg og forbedring av tekniske og driftsmessige rutiner.

En god jordresipient kan ha fosforbindingskapasitet for flere årtier. Pågående undersøkelser indikerer at biologisk nitrifikasjon/denitrifikasjon er en betydningsfull rensesprosess også ved relativt lav temperatur.

V re to største jordrenseanlegg (3000 - 5000 p.e.) viser svært god rensesevne. Det eldste anlegget har vært i drift i 9 år. Begge anleggene er basert på infiltrasjon fra åpne bassenger med slamседimentering/slamavskilling som eneste forbehandling.

En viktig oppgave er   finne nye løsninger der tradisjonell infiltrasjon ikke er mulig. Forsøk med bruk av jordhauganlegg og grunn infiltrasjon

virker lovende. Bruk av leca (0-4mm) kan bli et alternativ til tradisjonell sandfiltrering. Fordelingssystemer for infiltrasjonsanlegg som fremmer rensesevne og hydraulisk driftssikkerhet er under utprøving. L sleca (10-20 mm) kan brukes som fordelingsmedium i infiltrasjonsgrøfter.

### Abstract

Infiltration facilities are simple to operate and appear to have economic advantages. One of the present tasks is to document the purification and hydraulic performance of soil-based treatment systems in cold climate. The results make possible better regulations for siting, construction, and operation of the facilities.

A good soil recipient can remove phosphorus from wastewater for many decades. Ongoing studies indicate that nitrification/denitrification occurs to a significant degree even at relatively low temperatures. Part of the NAT program is to follow up Norway's two largest infiltration facilities (3000 - 5000 p.e.). The removal efficiency is very good. The older facility has been in operation

for nine years. Both are based on infiltration from open ponds, with only primary treatment prior to infiltration.

The NAT program works to improve existing solutions as well as develop new ones. An important task has been to find new solutions where the soil conditions do not allow traditional infiltration. Experiments with mound and shallow infiltration systems and appear promising. Other work includes improving and documenting the effectiveness various distribution systems and of sand- and LECA-filters. LECA 10-20mm may be used as distribution layer in infiltration trenches.

## **Innledning**

Jord har en svært stor indre overflate. F.eks. vil 1 m<sup>3</sup> sand med en kornstørrelse på 1 mm ha et overflateareal på partiklene som overstiger 3000 m<sup>2</sup>. Renseprosessene er i stor grad knyttet til dette overflatearealet. Rensing av avløpsvann i jord foregår ved hjelp av fysiske, kjemiske og biologiske prosesser som tilsvarer de prosessene som foregår i tradisjonelle renseanlegg. Forskjellen er imidlertid at prosessene går langsommere, bl.a. fordi jordtemperaturen vanligvis er lav (mindre enn 10°C). I tillegg setter jordas vanngjennomtrengelighet grenser for kapasiteten. Dette gjør at jordbaserte renseanlegg ofte blir arealkrevende og mer enn 5 m<sup>2</sup>/p.e. er vanlig. Den vanligste forbehandlingen er slamavskilling eller enkel mekanisk rensing.

Dagens retningslinjer (MD 1992) setter strenge krav til jord som skal brukes til infiltrasjon. I NAT-programmet foretas

det en gjennomgang av de gjeldende retningslinjer med tanke på eventuell revisjon og forbedringer. Det arbeides og med forbedringer i anleggsutforming med tanke på å forenkle bygging og kontroll og gi mer driftssikre anlegg. Løsninger for områder med marginale grunnforhold prøves ut. I tillegg er en bedre dokumentasjon av renssevne og hydraulisk driftssikkerhet under norske forhold en viktig oppgave i NAT-programmet.

## **Infiltrasjon i stedege løsmasser**

Ved infiltrasjon i stedege løsmasser utnyttes de naturlige løsmassene som rensedium. Anleggene kan utformes på mange ulike måter (fig. 1); (1) infiltrasjon i lukkede bassenger/grøfter, (2) spredning på jordoverflaten og (3) infiltrasjon i åpne dammer (hurtig infiltrasjon). De to siste formene forutsetter svært lave arealbelastninger. I Norge er (1) mest utbredt, men (3) brukes i endel større infiltrasjonsanlegg. Den viktigste rensingen foregår i den umettete sonen, d.v.s. sonen mellom bunnen av infiltrasjonsbassenget og grunnvannspeilet. I den umettete sonen vil vannet strømme i de minste porene og luft være tilstede i de største porene hvis anlegget er riktig dimensjonert. Fjerning av fosfor skjer ved binding til jordmediet og fjerning av nitrogen ved binding av ammonium, mikrobiell assimilering og nitrifikasjon med etterfølgende denitrifikasjon i anaerobe soner i jorda. Ved de fleste typer av infiltrasjon vil grunnvann være den primære resipienten. Det vil også foregå rensing i grunnvannssonen. Forurensningene vil

dessuten fortynnes og spres over et større område. Dette kan skape konflikter for eventuell grunnvannsforsyning.

Infiltrasjon ved spredning på jordoverflaten er uegnet for helårsdrift i områder med frost vinterstid. Løsningen kan brukes i sommerhalvåret og kombineres med vanlig infiltrasjon eller lagring av avløpsvannet om vinteren.

### Hurtig infiltrasjon/store jordreanseanlegg

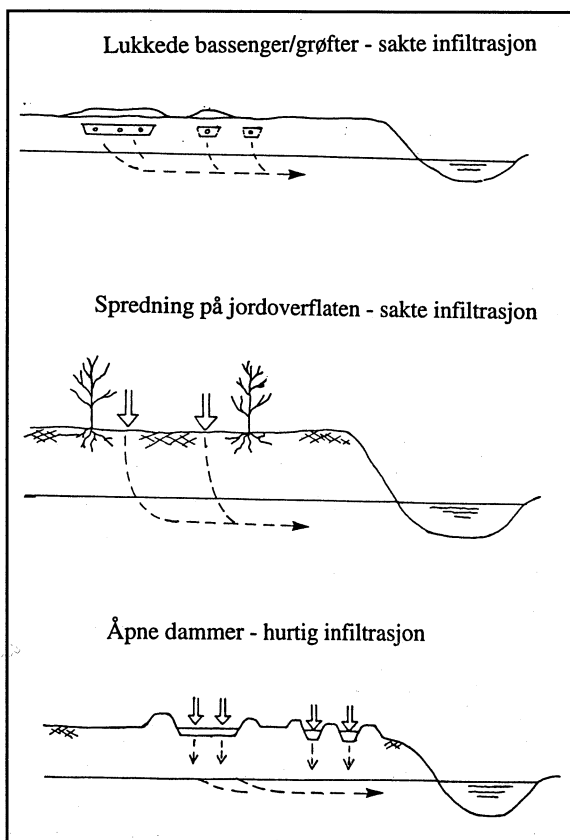
Infiltrasjonen skjer i åpne dammer eller

lukkete bassenger/grøfter i grus- og sandavsetninger med stor utbredelse og mektighet (figur 1). I slike anlegg er det vanlig med vekselvis belastning av dammer eller bassenger. I åpne bassenger gir dette mulighet til å fjerne slam fra bassengbunnen og på den måten opprettholde en høy infiltrasjonshastighet. Belastningen varierer fra 5 - 100 cm/døgn. Forbehandlingen varierer. Det vanligste på norske anlegg er at forbehandlingen skjer i en slamavskiller eller i et sedimenteringsbasseng. Anleg-

gene kan bygges for drift med selvføll, men ofte kreves pumping frem til anlegget. Hurtiginfiltrasjon kan optimaliseres for fjerning av nitrogen. I utlandet har en oppnådd mer enn 80% nitrogenfjerning (Jenssen og Siegrist 1988). P.g.a. den relativt høye belastningen er arealkravet ved hurtig infiltrasjon 0,5 - 5 m<sup>2</sup>/p.e.

I NAT-programmet følges infiltrasjonsanleggene på Bardu og Lesja opp over lang tid. I tillegg vil en del andre store anlegg bli fulgt i en kortere periode. Prosjektets målsettinger er:

- \* klarlegge muligheter og begrensninger for etablering av store jordreanseanlegg i Norge
- \* undersøke påvirkning av resipienten



Figur 1. Eksempler på prinsipper for infiltrasjon

**Tabell 1. Middelerverdier for analyser av vann fra Bardu og Lesja**

Anlegg	Stoff	Avløpsvann mg/l	Grunnvann mg/l	% rensing
Bardu*	Nitrogen (tot N)	19,5	5,5	>70
	Forfor (tot P)	2,3	0	>99
	Org.stoff (TOC)	55	12	>75
Lesja**	Nitrogen	26	4,15	>70
	Fosfor	7,26	0,013	>99
	Org.stoff	290	3,2	>95

\* har vært i drift i 9 år \*\* har vært i drift i 2 år

\* utvikle hensiktsmessige metoder og prosedyrer for bygging, kontroll og drift av store jordreanseanlegg

Hurtiginfiltrasjon stiller store krav til løsmassene og kan derfor bare bygges på større elve- og breelvavsetninger. Slike finnes i de fleste norske dalfører.

Norges største hurtig-infiltrasjonsanlegg er Setermoen reanseanlegg i Bardu kommune som mottar vann fra 5000 p.e. Normal hydraulisk belastning for dette anlegget er på 2000 m<sup>3</sup>/døgn. I snøsmeltingen kan belastningen gå opp mot 5000 m<sup>3</sup>/døgn uten at dette skaper hydrauliske problemer i anlegget; dvs. alt infiltrerer. Renseevnen ser heller ikke ut til å bli vesentlig redusert ved høy hydraulisk belastning.

Erfaringer hittil tyder på at det kan oppnås svært gode rensresultater ved bruk av store jordreanseanlegg (tabell 1). Flere anlegg må imidlertid undersøkes for å gi et sikrere bilde av hvilken renssevne som kan forventes under norske forhold. INAT-programmet arbeides det med dette.

Renseevnen (tabell 1) er basert på måling i grunnvannssonen rett under anlegget og er korrigert for fortynning med grunnvann. Ytterligere rensing vil foregå når vannet strømmer gjennom grunnvannssonen.

Renseanlegget på Setermoen har vært i drift i 9 år. Renseevnen har holdt seg relativt stabil hele tiden. Fosforbindingskapasiteten er beregnet til 12 år under hvert av de 3 bassengene. Nitrogenfjerningen skjer biologisk og det er liten grunn til å tro at denne vil endres med tid dersom anleggets drift og belastning opprettholdes som idag. Våre undersøkelser kan tyde på en viss økning i transport av organisk materiale til grunnvannet og videre til Barduelva. Sansynligvis er dette rester av tungt nedbrytbart organisk materiale som vil ha liten påvirkning på resipienten.

Investerings- og særlig driftskostnadene ved Setermoen infiltrasjonsanlegg er mindre enn for konvensjonell rensing. Kommunen har derfor hatt et svært billig anlegg hittil. Dersom det skulle

vide seg at anlegget på sikt får problemer med rensing av en eller flere parametere kan dette kompenseres ved å øke graden av forbehandling. Selv om dette skulle bli nødvendig vil kommunen få delt investeringskostnadene over et lengere tidsrom. Infiltrasjonsanlegget vil hele tiden være en god buffer mot forurensning av Barduelva og oppgradering av forbehandlingen kan planlegges uten tidspress.

Ved bruk av åpne basseng for slam-sedimentering, som på Setermoen, blir slamproduksjonen liten og slammet næringsfattig. Resirkulering av næringsstoffer ved bruk av slam i jordbruket, vil være av liten betydning. Kombinasjon av hurtiginfiltrasjon med overflateinfiltrasjon i sommerhalvåret, er en mulighet som vil kunne øke planteopptaket og resirkulering av næringsstoffer.

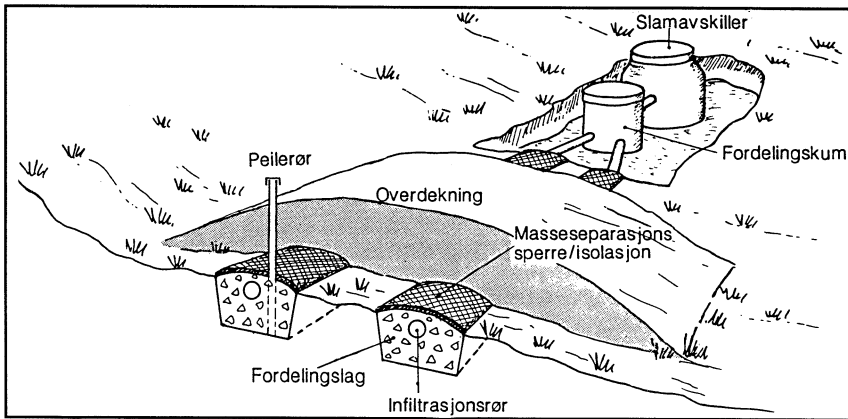
### Lukket infiltrasjon - små jordrenseanlegg

Lukket infiltrasjon foregår i grøfter/bassenger som er fylt med pukk, evt. et

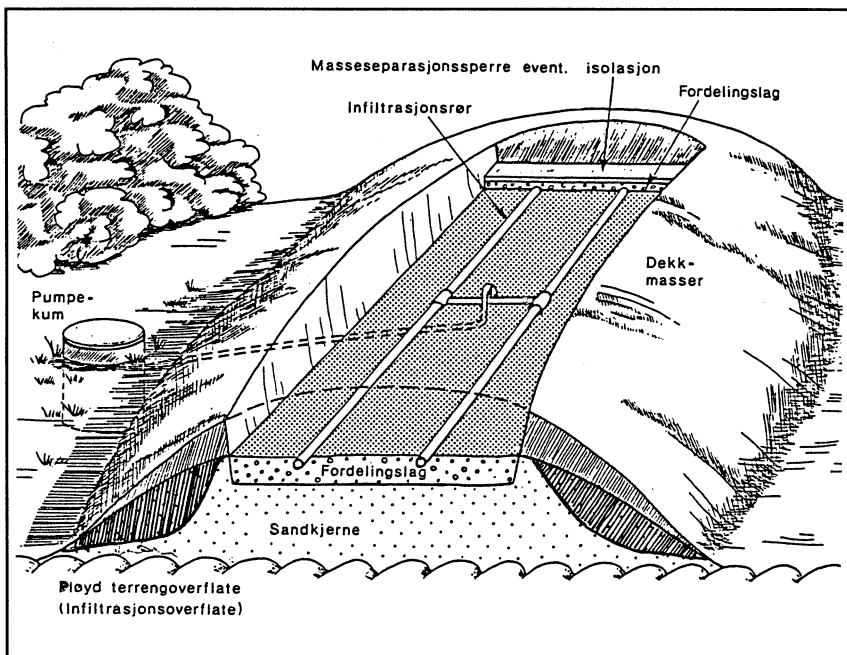
annet fordelingslag (figur 2). Vanlig belastning er 1,5 - 5 cm/døgn avhengig av jordarten, noe som gir 5-15 m<sup>2</sup>/pe. Det finnes også prefabrikerte plastmaterialer som kan erstatte pukk. Disse er under utprøving i Norge. I NAT-programmet blir slike plastmaterialer og Leca prøvd som fordelingslag. Leca er lettere å arbeide med enn pukk og har ikke det samme problemet med finstoff på overflaten som pukk. Leca 10 -20 mm kan derfor anbefales brukt som fordelingsmedium i infiltrasjonsanlegg.

Det finnes idag ikke entydige resultater som tilsier at støtbelastning av infiltrasjonsanlegg er nødvendig. I NAT-programmet blir støtbelastning og selvføllsløsninger sammenlignet. Foreløpige resultater tyder på at bedre fordeling av vannet gir bedre renssevne i grovkornete medier.

Siden anleggene lukkes er tilsyn med infiltrasjonsflaten vanskelig. For å unngå rask gjentetting må belastningen (pr. m<sup>2</sup>) være lav. Norske retningslinjer



Figur 2. Snitt gjennom et grunninfiltrasjonsanlegg



Figur 3. Snitt gjennom et jordhaug-infiltrasjonsanlegg

(MD1992) stiller store krav til jordarten og dette begrenser de områdene hvor infiltrasjon kan brukes. I NAT-programmet arbeides det med å utvikle infiltrasjonsløsninger for marginale grunnforhold.

Det finnes mer enn 100 000 lukkede infiltrasjonsanlegg i Norge. Metoden regnes for å være den beste renseløsningen i spredt bebyggelse hvis grunnforholdene er tilfredsstillende. Lukket infiltrasjon gir normalt liten resirkulering av næringsstoffer, men næringsopptak i planter kan økes f.eks. ved å bygge grunne anlegg. Grunne anlegg (fig. 2) gir og bedre renssevne enn anlegg som ligger dypt fordi de beste rensesegenskapene finnes i de øverste jordlagene.

### Jordhaug-infiltrasjon

I jordhaug-infiltrasjonsanlegg ledes avløpsvannet til perforerte infiltrasjonsrør og fordeles ut i et sandlag (figur 3). Dette sandlaget er tilkjørt og plassert oppå det opprinnelige terrengnivået. Filtersand må benyttes og pukklaget dimensjoneres avhengig av filtersandens kvalitet. Sandputens størrelse og utbredelse bestemmes av de hydrauliske egenskapene til de underliggende massene. Overflaten til de underliggende massene pløyes opp. Rensingen skjer både i filtersanden og i de underliggende naturlige jordmassene. Vegetasjonen på og nedstrøms jordhaugen vil bidra til evapotranspirasjon og opptak av næringsstoffer.

**Tabell 2. Eksempel på renseevne i små lukkede infiltrasjonsanlegg og ved jordhauginfiltrasjon. Rensegraden er beregnet for slamavskilt avløpsvann.**

	Total P (%)	Total N (%)	BOF <sub>7</sub> (%)
Lukket infiltrasjonsgrøft *	96	25	91
Infiltrasjon i jordhaug **	98	93	92

\* Basert på 9 prøveserier tatt 0,3 m under bunn av anlegg.

\*\* Basert på 5 prøveserier tatt 2 m fra anlegg.

Jordhauginfiltrasjon kan brukes der stedege jordmasser har for liten mektighet, eller for lav vannledningsevne til at et lukket infiltrasjonsanlegg kan bygges. Jordhauganlegg krever høy kompetanse ved dimensjonering og tilpasning. Norske og utenlandske resultater viser at denne anleggstypen kan ha bedre renseevne enn lukkede infiltrasjonsanlegg (tabell 2). Dette skyldes blandt annet at en utnytter matjordlaget som rensemedium. Matjordlaget har et høyt innhold av organisk materiale som binder miljøgifter og er karbonkilde ved denitrifikasjon. Anleggstypen kan optimaliseres for opptak av næringsstoffer i planter ved å plassere anlegget oppstrøms en våtmark (f.eks. myr). Anleggstypen er ikke hjemlet i gjeldende retningslinjer. Fylkesmannens tillatelse må derfor innhentes før bygging kan skje.

### Sandfilteranlegg

I et vanlig sandfilter infiltreres avløpsvannet i et fordelingslag av pukk. Under fordelingslaget legges minimum 75 cm filtersand. Vi anbefaler at filtersand legges opp også på siden av fordelingslaget. Dette gir større hydraulisk driftssikkerhet og bedrer mulighetene for

lufttilgang i filteret. Filtersanden skal fylle spesielle krav m.h.t. kornfordeling. Under filtersanden er det et nytt drensag for oppsamling av rensed vann. Det er idag krav om at utløpet fra sandfilteret skal ledes til en vannresipient. Rensingen foregår i hovedsak i sandlaget. Fosforbindings-evnen er avhengig av overflatekjemien til filtersanden. Når fosforbindings-kapasiteten er mettet, bør filtersanden skiftes eller filteret få en hvileperiode. Det vil som regel være nok å skifte den øverste 30 - 50 cm av filtersanden. En hvileperiode kan regenerere noe av fosforbindingsevnen (Stuanes 1983). Dette vil kreve vekslning mellom to filtre. Innblanding av jern og aluminiumsforbindelser kan øke fosforbindingen i et sandfilter (Nilsson 1990). Arealbelastningen for sandfilter er, i henhold til norske retningslinjer, 2 eller 4 cm/døgn avhengig av sandtype.

Sandfilteranlegg har hatt et dårlig rykte i Norge. Dette skyldes at de fleste anleggene som ble bygget før 1985 var underdimensjonert. I retningslinjene som er utgitt etter 1985 er disse forholdene rettet på. Dersom en bruker sand med god fosforbindingsevne og denne skiftes ut hvert 10. år, vil det være mulig å rense 80 % eller mere. Dersom denne

sanden spres på åkermark, vil det være mulig å oppnå resirkulering av fosfor.

### **Lecafilter**

Nyere forskning har vist at Leca i fraksjoner < 4mm har en svært høy fosforbindingsevne (Jenssen et al. 1991). Samtidig har materialet en bedre vanngjennomtrengelighet enn sand. Dette reduserer faren for gjentetting og øker den hydrauliske driftssikkerheten. Forsøk med bruk av Leca i sandfilter pågår.

### **Litteratur**

Jenssen, P.D. og R.L. Siegrist. 1988. Nitrogen removal from wastewater in soil infiltration systems. I: H. Ødegaard (red.): Fjerning av nitrogen i avløpsvann, 114-128. Tapir. Trondheim.

Jenssen, P.D., T. Krogstad, T. Briseid and E. Norgaard, 1991a. Testing of reactive filter media (LECA) for use in agricultural drainage systems. Proc.

International seminar of the Technical section of C.I.G.R. on Environmental Challenges and Solutions in Agricultural Engineering, Agricultural Univ. of Norway, Ås, Norway, July 1-4, pp. 160-166.

Jenssen, P.D. and R.L. Siegrist, 1990. Technology assessment of wastewater treatment by soil infiltration systems. Wat. Sci. Tech., 22 (3/4) pp. 83-92.

MD, 1992. Forskrift om utslipp fra separate avløpsanlegg. Miljøverndepartementet.

Nilsson, P. 1990. Infiltration of wastewater- an applied study on treatment of wastewater by soil infiltration. Thesis. Report 1002. Dept of Env. Eng. Lund inst of Technology. University of Lund.

Stuanes, A.O., 1983. Fosforrensing i jordrenseanlegg for avløpsvann. Slutt-rapport nr. 448, NLVF. 11s.