

BIOFORSK RAPPORT

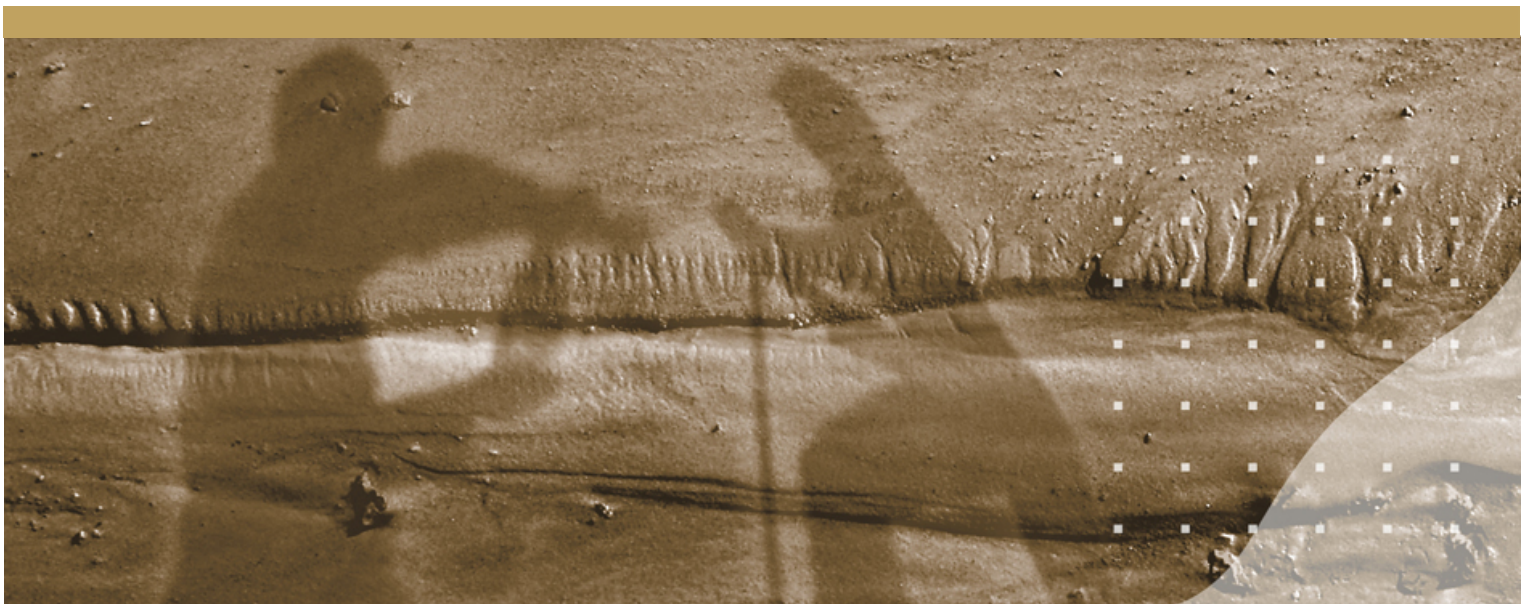
Vol. 1 Nr. 02/2006

Prøvetaking av jordvæske i umettet sone ved hjelp av jordvæskesugere

Praktisk veiledning

Carl Einar Amundsen og Thomas Hartnik

Bioforsk - Jord og Miljø





Senter for jord og miljø

Hovedkontor:

Fredrik A. Dahls vei 20,
1432 Ås

Tel. 64 94 70 00

Fax 64 94 70 00

Besøksadr.: Saghellinga (UMB
campus)

Senter for jord og miljø

Avdeling Ås

Fredrik A. Dahls vei 20, 1432 Ås

Tel. 64 94 81 00

Fax 64 94 81 10

Besøksadr.: Saghellinga (UMB campus)

<i>Tittel/Title:</i> Prøvetaking av jordvæske i umettet sone ved hjelp av jordvæskesugere - Praktisk veiledning Soil solution sampling in the vadoze zone using suction cups - A practical guide
<i>Forfatter(e)/Autor(s):</i> Carl Einar Amundsen og Thomas Hartnik

<i>Dato/Date:</i> 2. januar 2006	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 4244	<i>Arkiv nr. Archive No.:</i>
<i>Rapport nr. Report No.:</i> 02/06	<i>ISBN-nr.:</i> 82-17-00001-8 978-82-17-00001-3	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 19	<i>Antall vedlegg/Number of appendix:</i>

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Statens Forurensningstilsynet (SFT)	<i>Kontaktperson/ Contact person:</i> Sjur Andersen
---	--

<i>Stikkord/Keywords:</i> Jordvæske, umettet sone, forurenset grunn, organiske og uorganiske forurensninger, prøvetaking Soil solution, vadose zone, contaminated soil, organic and inorganic pollutants, sampling	<i>Fagområde/Field of work:</i> Jordforurensning Soil contamination
--	---

<i>Sammendrag:</i> Denne veilederen består av en generell del som omhandler jordvæske og ulike metoder for å ta prøver av jordvæske, deretter en del som omhandler hvilke faktorer som er viktig ved prøvetaking av forurenset grunn og hvilken type prøvetakere som anbefales for dette formålet. Den siste delen av veilederen tar for seg hvilket utstyr som bør brukes, installering av utstyr for prøvetaking av jordvæske og om hvordan utstyret bør vedlikeholdes. Konsentrasjonen av forurensninger i jordvæske gir informasjon om den andelen av forurensningene som finnes i jord og spres med vannfasen. Sammensetningen av jordvæske gir en indikasjon på hvilke konsentrasjoner som er biotilgjengelige for planter, mikroorganismer og andre jordlevende organismer. Innsamling og analyser av jordvæske kan på denne måten være nyttig i spredningsundersøkelser (bl.a. overvåking), validering av spredningsmodeller, samt i vurderinger av biotilgjengelighet av ulike forurensninger. Bruk av jordvæskeprøvetakere som bruker undertrykk, synes å være det mest gunstige prinsippet for prøvetaking av jordvæske. Slike jordvæskesugere gir mindre forstyrrelser av
--

jorda, samtidig som de finnes i utforminger og materialer som gjør at de tåler støt og trykk og kjemisk påvirkning. Jordvæskesugere er de lettest tilgjengelige prøvetakerne for jordvæske og samtidig de som er mest utprøvd. Ulike typer plate-lysimitere eller plate-lysimitere hvor det etableres undertrykk, kan være et godt alternativ til jordvæskesugere dersom jorda har en bruddstyrke som gjør at installeringen ikke forstyrrer overliggende jordsjikt. Platelysimitere er meget godt egnet til å ta prøver av perkolerende vann i jord.

Det anbefales å installere jordvæskesugere horisontalt i sjaktveggen ved undersøkelser av forurenset grunn.

Jordvæskesugere har flere begrensninger. Prøvetaking av jordvæske kan være problematisk i leirholdig jord. Samtidig er disse ikke egnet til å ta prøver av flyktige organiske forbindelser ($K_H > 10^{-2} \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1}$).

Summary:

This report is a practical guide for sampling of pore-liquid from the vadose zone. The first part of the report gives information about pore-liquid and various ways of pore-liquid sampling; the second part emphasises on issues of importance for pore-liquid sampling at contaminated sites and the last part is mainly focused on equipment, installation and maintenance of pore-liquid suction samplers.

The composition of pore-liquid in soils gives an indication on the fraction of contaminants that are available for plants, soil micro organisms and other soil living organisms. Sampling and analysis of pore-liquid are useful when monitoring contaminant transport in soils, validation of transport models, as well as in biological availability experiments.

Cylindrical suction samplers seem to be the most useful tools for pore-liquid sampling at contaminated sites. Installation of these samplers leads to only small disturbances in the soil, and they are made of materials that have high chemical and physical tolerance. Suction samplers are easily available and well tested. Free drainage samplers (with or without suction) are well suited for sampling free drainage water.

At contaminated waste sites it is recommended to install suction samplers in the wall of vertical cassions.

It may be difficult to gain pore-liquid in clay soils. Suction samplers can not be used for gaining information on volatile organic contaminants ($K_H > 10^{-2} \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1}$).

Ansvarlig leder/Responsible leader

Prosjektleder/Project leader

.....

.....

Roald Sørheim

Thomas Hartnik

Innhold

1.	Sammendrag	2
2.	Innledning	3
2.1	Bakgrunn	3
2.2	Oppbygning av veilederen	3
3.	Jordvæske i umettet sone	4
4.	Metoder for prøvetaking av jordvæske	5
4.1	Inndeling av metoder	5
4.2	Jordvæskesugere	5
4.3	Lysimetre	5
4.4	Sentrifugering av jordprøver	5
4.5	Ekstraksjonsmetoder	6
4.6	Passive prøvetakere	6
4.7	Oppsummering	6
5.	Beskrivelse av ulike typer jordvæskesugere	7
5.1	Vakuump prøvetakere	7
5.1.1	Filtertip prøvetakere	7
5.1.2	Hulfiber prøvetakere	7
5.1.3	Membran filtrering	7
5.2	Gravitasjonsprøvetakere	8
5.3	Oppsummering	8
6.	Nytteverdi og bruk	9
6.1	Generelt	9
6.2	Spredningsundersøkelser	9
6.3	Biotilgjengelighetsundersøkelser	9
7.	Begrensninger ved bruk av jordvæskesugere	11
7.1	Tette jordtyper	11
7.2	Heterogenitet i jord	11
7.3	Kjemiske og fysiske egenskaper ved forurensninger	11
7.4	Forandring i jordvæskesammensetning som skyldes inngrep	12
8.	Installasjon av jordvæskesugere	13
8.1	Utstyr	13
8.1.1	Utstyr til jordvæskesugere	13
8.1.2	Tilleggsutstyr	13
8.2	Valg av jordvæskesugere	13
8.3	Valg av slangemateriale	14
8.4	Valg av prøveflasker	14
8.5	Vask av utstyr før bruk	15
8.6	Antall jordvæskesugere	15
8.7	Kondisjonering av jordvæskesugere	15
8.8	Installering av jordvæskesugere i sjakter	15
8.9	Prøvetaking av jordvæske	16
8.10	Konservering av prøve	17
8.11	Analyser av jordvæske	17
8.12	Problemløsning og vedlikehold	18
8.12.1	Sugecellen suger ikke lenger vann	18
8.12.2	Beskyttelse av prøve- og vakuumslinger	18
8.12.3	Skifte av koblinger og pakninger	18
9.	Referanser	19

1. Sammendrag

Denne veilederen består av en generell del som omhandler jordvæske og ulike metoder for å ta prøver av jordvæske, deretter en del som omhandler hvilke faktorer som er viktig ved prøvetaking av forurenset grunn og hvilken type prøvetakere som anbefales for dette formålet. Den siste delen av veilederen tar for seg hvilket utstyr som bør brukes, installering av utstyr for prøvetaking av jordvæske og om hvordan utstyret bør vedlikeholdes.

Konsentrasjonen av forurensninger i jordvæske gir informasjon om den andelen av forurensningene som spres med vannfasen. Sammensetningen av jordvæske gir en indikasjon på hvilke konsentrasjoner som er biotilgjengelige for planter, mikroorganismer og andre jordlevende organismer. Innsamling og analyser av jordvæske kan på denne måten være nyttig i spredningsundersøkelser (bl.a. overvåking), validering av spredningsmodeller, samt i vurderinger av biotilgjengelighet av ulike forurensninger.

Bruk av jordvæskeprøvetakere som bruker undertrykk, synes å være det mest gunstige prinsippet for prøvetaking av jordvæske. Slike jordvæskesugere gir mindre forstyrrelser av jorda, samtidig som de finnes i utforminger og materialer som gjør at de tåler støt og trykk og kjemisk påvirkning. Jordvæskesugere er de lettest tilgjengelige prøvetakerne for jordvæske og samtidig de som er mest utprøvd. Ulike typer plate-lysimetere eller plate-lysimetere hvor det etableres undertrykk, kan være et godt alternativ til jordvæskesugere dersom jorda har en bruddstyrke som gjør at installeringen ikke forstyrrer overliggende jordsjikt. Platelysimetere er meget godt egnet til å ta prøver av perkolerende vann i jord.

Det anbefales å installere jordvæskesugere horisontalt i sjaktveggen ved undersøkelser av forurenset grunn.

Jordvæskesugere har flere begrensninger. Prøvetaking av jordvæske kan være problematisk i leirholdig jord. Samtidig er disse ikke egnet til å ta prøver av flyktige organiske forbindelser ($K_H > 10^{-2} \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1}$).

Summary

This report is a practical guide for sampling of pore-liquid from the vadose zone. The first part of the report gives information about pore-liquid and various ways of pore-liquid sampling; the second part emphasises on issues of importance for pore-liquid sampling at contaminated sites and the last part is mainly focused on equipment, installation and maintenance of pore-liquid suction samplers.

The composition of pore-liquid in soils gives an indication on the fraction of contaminants that are available for plants, soil micro organisms and other soil living organisms. Sampling and analysis of pore-liquid are useful when monitoring contaminant transport in soils, validation of transport models, as well as in biological availability experiments.

Cylindrical suction samplers seem to be the most useful tools for pore-liquid sampling at contaminated sites. Installation of these samplers leads to only small disturbances in the soil, and they are made of materials that have high chemical and physical tolerance. Suction samplers are easily available and well tested. Free drainage samplers (with or without suction) are well suited for sampling free drainage water.

At contaminated waste sites it is recommended to install suction samplers in the wall of vertical cassions.

It may be difficult to gain pore-liquid in clay soils. Suction samplers can not be used for gaining information on volatile organic contaminants ($K_H > 10^{-2} \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1}$).

2. Innledning

2.1 Bakgrunn

Transport av forurensninger fra forurenset jord til overflatevann og grunnvann kan skje ved vanntransport i jord og er den viktigste spredningsveien for forurensninger som er delvis eller helt løst i vannfasen. Informasjon om sammensetningen av jordvæske som finnes i umettet sone i jorda (dvs. sonen fra overflaten ned til det sjiktet i jorda/løsmassene som ikke er påvirket av grunnvannet) kan være viktig i mange sammenhenger. Oppsamling og analyse av jordvæske vil kunne gi informasjon om hvilke forurensninger som transporteres mot grunnvannet, noe som er helt nødvendig for bl.a. miljørisiko- og tiltaksvurderinger. Sammensetning av jordvæske vil også gi nyttig informasjon om hvordan jorda binder forurensninger og på den måten egner seg som en naturlig barriere for spredning ("natural attenuation"). Jordvæskeinnsamling kan dermed være nyttig både i en tidlig fase av en grunnundersøkelse og i en overvåkingsfase etter at tiltak er gjennomført.

2.2 Oppbygning av veilederen

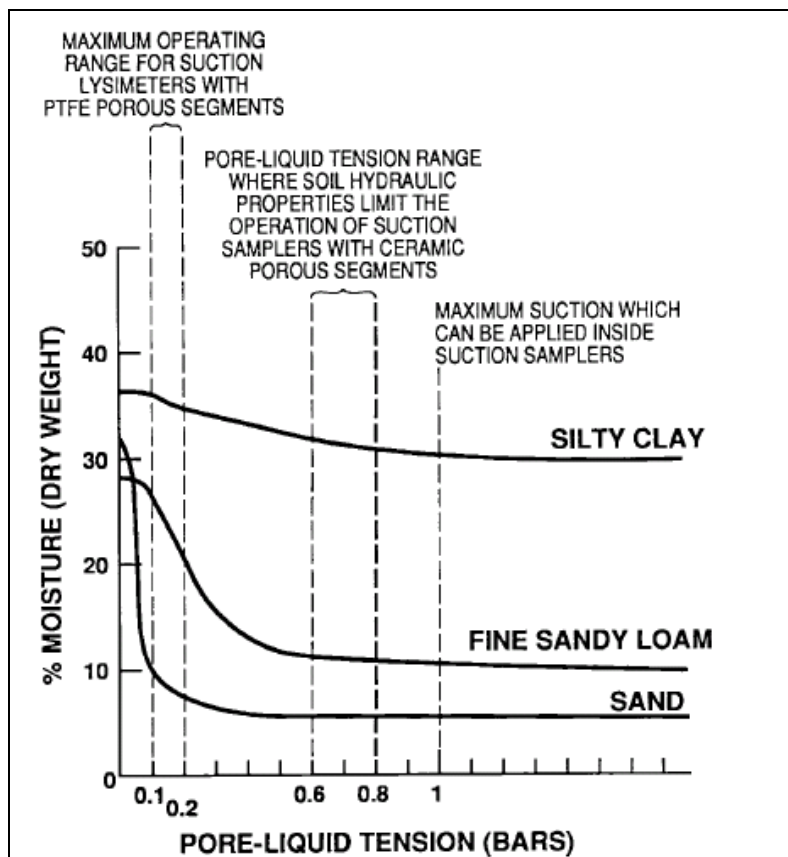
Denne veilederen består av en generell del som omhandler jordvæske og ulike metoder for å ta prøver av jordvæske, deretter en del som omhandler hvilke faktorer som er viktig ved prøvetaking av forurenset grunn og hvilken type prøvetakere som anbefales for dette formålet. Den siste delen av veilederen tar for seg installering av utstyr for prøvetaking av jordvæske og litt om hvordan utstyret kan vedlikeholdes.

3. Jordvæske i umettet sone

I jordas umettede sone er vann ofte ikke fritt tilgjengelig men fyller delvis mellomrommene mellom jordpartiklene hvor det holdes tilbake av kapillære krefter. Resten av porevolumet er fylt med luft. Når jord er svært våt, er de store porene i jord fylt med vann. Dette frie vannet har ikke direkte overflatekontakt med jordpartiklene og de kapillære kreftene er derfor relativt svake. Dette vannet kan bevege seg relativt fritt og vil dreneres gjennom jordprofilen.

Når jord tørker ut, vil først det frie vannet fra de største porene fordampe fordi det kreves mindre energi til å bryte de kapillære båndene. Det vil kreve mer energi å fjerne vannet fra de mindre porene. Selv om det kan være en betydelig mengde vann i jorden, bestemmer de kreftene som holder vannet i porene (også kalt poretrykk) hvor mye av vannet som kan fjernes.

Figur 1 viser sammenhengen mellom vanninnhold i jord og det nødvendige undertrykket (i figuren "soil suction") som er nødvendig til å suge opp vannet fra tre typer jord: leire, silt og sand. Grafen viser at det behøves lite undertrykk til å suge opp en betydelig mengde vann fra sandig jord ved høy vanninnhold (vanninnholdet endrer seg mye med poretrykket), mens det nesten ikke er mulig å suge jordvæske opp i sand med et vanninnhold under 10%. I tillegg viser grafen at det behøves større undertrykk til å suge opp samme mengde jordvæske i silt enn i sand (vanninnhold i sand reduseres raskere med økende undertrykk enn vanninnhold i silt). I leirejord er det generelt vanskelig å generere jordvæske.



Figur 1: Sammenheng mellom væsketrykket i ulike jordtyper og mengde vann i jorda som finnes ved de ulike væsketrykkene.

4. Metoder for prøvetaking av jordvæske

4.1 Inndeling av metoder

Jordvæske kan samles opp ved hjelp av destruktive og ikke-destruktive metoder. Ikke-destruktive metoder inkluderer jordvæskesugere som prøvetar jordvæske rundt prøvetakingspunktet. Destruktive metoder omfatter prøvetaking av jord med påfølgende ekstraksjon av jordvæske på laboratorium. Fem prøvetakingsteknikker er mest utbredt og best dokumentert i litteraturen:

- jordvæsketaker med påsatt undertrykk (jordvæskesuger)
- jordvæskeprøvetakere som fanger opp drenerende vann (lysimetere)
- Sentrifugering av jordprøver
- Oppfukting av jord med etterfølgende oppsamling av fritt vann (ekstraksjonsmetoder)
- Passive prøvetakere

De fire prosedyrene er forskjellige når det gjelder fraksjonen av jordvæske som det tas prøve av og effekten som prøvetakingen har på prøven. Laboratorimetodene (metode 3 og 4) vil naturlig nok ikke kunne fange opp endringer som skjer over tid ute i felt.

4.2 Jordvæskesugere

Jordvæskesugere er den mest brukte teknikken til å prøveta jordvæske. Det brukes vakuumpumper til å etablere et undertrykk i jordvæskesugeren som gjør det mulig å prøveta kapillært bunnet vann som har et poretrykk tilsvarende det påsatte undertrykket. Jordvæskesugere gjør det dermed mulig å prøveta jordvæske også i perioder der vann ikke perkolerer gjennom jorda.

4.3 Lysimetere

Jordvæskeprøvetaker som opererer uten påsatt undertrykk er den eneste prøvetakingsteknikken som prøvetar en definert fraksjon av porevannet dvs. fritt strømmende vann som perkolerer gjennom jorda. Imidlertid vil denne teknikken kun prøveta porevann i umettet sone når fritt strømmende vann er tilstede, dvs. etter nedbørsepisoder. I tillegg vil installasjon av denne typen jordvæskeprøvetaker føre til betydelig forstyrrelse av den opprinnelige jordprofilen, noe som kan påvirke jordvæskesammensetningen.

4.4 Sentrifugering av jordprøver

Ved sentrifugering av porevann ut av en jordprøve fylles det fersk, fuktig jord (enten som intakt borekjerne eller som blandprøve) i den øvre delen av et to-delt sentrifugerør. Jordvæske fra den fuktige jorda føres ved hjelp av sentrifugalkreftene gjennom et filter inn i den nedre delen av sentrifugerøret. I sandig jord vil hastighet og sentrifugetid ha lite effekt på mengden jordvæske som oppnås, men i silt og leireholdig jord vil oppnådd mengde jordvæske variere betydelig med sentrifugehastighet og tid. Det anbefales å bruke sentrifugerør med volum mellom 250 og 500 ml som fylles med 150-400 g jord og

sentrifugeres ved 10000g i 30 minutter . Dette vil gi maksimalt 30-50 ml vann og er nok til tungmetall- og evt. næringstoffbestemmelse. For tungmetallforurensninger kan det brukes sentrifugerør av plast (f.eks. polyetylen), for organiske forbindelser må sentrifugerør bestå av teflon eller rustfritt stål. Sentrifugeringsmetoden er imidlertid mindre praktisk egnet til bestemmelse av organiske forbindelser i porevann fordi det vanligvis behøves ca. 0,5 L porevann til kjemisk analyse, noe som krever sentrifugering av flere kilogram jord.

4.5 Ekstraksjonsmetoder

Oppfukning av jord med etterfølgende ekstraksjon av porevann tilsettes vann til metning til en gitt mengde jord. Jorden er her fylt i en sylinder med utløp i bunnen. Etterpå lar man systemet stå i vanligvis 2 til 48 timer for å oppnå (tilnærmet) likevekt mellom fast og væskefase. Jordvæsken samles som perkolerende vann i bunn eller sentrifugeres ut med sentrifugeringsmetoden.

Oppfukningsmetoden ansees som godt egnet for forbindelser der likevekt mellom jord og jordvæske raskt innstilles, dvs. for salter og næringsstoffer.

4.6 Passive prøvetakere

De siste årene har det blitt introdusert en del teknikker som bestemmer konsentrasjonen av organiske og uorganiske forbindelser i jordvæske ved hjelp av passive prøvetakere. Eksempler er semipermeable membraner (SPMD) og fast-fase mikroekstraksjon (SPME) for prøvetaking av organiske forbindelser og "diffusjonsprøvetakere" (DGT) som er egnet for metallprøvetaking. Prøvetakerne inneholder vanligvis en polymer eller et lipid som har en høy affinitet for spesielle typer forbindelser (upolare, polare eller ioniske forbindelser). Prøvetakerne tar opp forbindelsene fra vannfasen og akkumulerer disse. Ved hjelp av kjemiske analysemetoder kan disse forbindelsene måles etter ekstraksjon fra prøvetakeren. For de ulike prøvetakerne finnes spesielle beregningsmetoder som anslår konsentrasjon av en forbindelse i jordvæske. Fordelen med den type prøvetakerne er at forbindelsene kan detekteres i konsentrasjoner som ligger langt under de som kan detekteres ved vanlig prøvetaking av porevann. I tillegg tar passive prøvetakere opp kun oppløst forbindelse, dvs. at forbindelser som er bundet til oppløst organisk materiale (DOC) eller partikler ikke blir akkumulert på prøvetakeren. Man går ut i fra at passive prøvetakere på denne måten tar opp den andelen av en forbindelse som er tilgjengelig for jordlevende organismer. Ulempen med passive prøvetakere er at de kun tar opp forbindelser med spesielle kjemiske egenskaper dvs. at det behøves flere prøvetakere for prøvetaking av ioniske, polare og upolare forbindelser.

4.7 Oppsummering

Av de omtalte prøvetakingsteknikker synes prøvetaking av jordvæske med jordvæskesugere i felt den metoden som er per i dag best egnet til å prøveta jordvæske med. Selv om bruk av jordvæskesugere også innebærer begrensninger både med hensyn til forbindelser og jordtyper som det kan tas prøve av, konkluderer de fleste rapporter som vurderer ulike prøvetakingsmetoder at bruk av jordvæskesugere er den best egnete metoden. I det videre behandles derfor kun jordvæskesugere som prøvetakingsmetode av jordvæske.

5. Beskrivelse av ulike typer jordvæskesugere

5.1 Vakuumpøvetakere

ASTM (1992) "Standard guide for pore-liquid sampling from the vadose zone" gir en god oversikt over ulike typer jordvæskepøvetakere.

De fleste typene pøvetakere som er utviklet gjennom de siste årene er vakuumpøvetakere. Prinsippet for de fleste av disse pøvetakerne er at det etableres et undertrykk i sugekoppen som er større enn spenningen ("tension") mellom væske og partikler i jorda. På denne måten opprettes et undertrykk som fører jordvæske mot jordvæskesugeren. Undertrykket som påføres jordvæskesugeren kan etableres på flere måter: et kraftig undertrykk påføres som gjør at ønsket vannmengde samles opp ("sudden tension"); eller et bestemt undertrykk påføres som langsomt avtar fram til neste pøvetaking ("continous tension") eller et bestemt undertrykk påføres som holdes gjennom hele pøvetakingsperioden ("variable tension"). Fordelen med å opprettholde undertrykket gjennom hele pøvetakingsperioden er at den samme fraksjonen av jordvæske samles opp gjennom hele perioden samtidig som mulighetene er mindre for at jordvæskesugeren mister den kapillære kontakten med jorda. Manglende sug med påfølgende "tørr" jordvæskesuger i perioder er en av ulempene ved ikke å ha kontinuerlig undertrykk på jordvæskesugeren.

5.1.1 Filtertip pøvetakere

Filtertip pøvetakere består av to deler. En del som står permanent i jorda og består av en porøs seksjon som suger opp jordvæske og en del som består av en pøvebeholder med undertrykk. Denne pøvebeholderen settes ned og kobles til pøvetakeren når det er aktuelt å suge opp jordvæske. Pøvebeholderen og jordvæskesugeren er i filtertip pøvetakeren installert i ett rør som fungerer som beholder for begge delene (ASTM 1992). Pøvetakeren er utviklet for pøvetaking av væske fra mettet sone og det er ikke kjent hvorvidt denne typen pøvetakere er benyttet for pøvetaking i umettet sone.

5.1.2 Hulfiber pøvetakere

I hulfiber pøvetakere består jordvæskesugeren av en hulfiber celle (cellulose-acetat eller annet hydrofilt materiale) som er direkte koblet til sugeflaske som genererer undertrykk i jordvæskesugeren. I hulfiber-cellen er flere hulfibre koblet sammen. Denne type pøvetakere tåler lite fysisk trykk og egner seg ikke godt til pøvetaking av jordvæske i forurenset grunn. Hulfiber-pøvetakere er derfor mest brukt til eksperimentelle studier i laboratoriet. På grunn av at de er relativt tynne (2-3 millimeter) egner de seg godt til installering i pletter og kolonner.

5.1.3 Membran filtrering

Pøvetaking av jordvæske ved membran-filtrering er den eneste av metodene som beskrives her hvor jordvæske transporteres til pøvetakersystemet kun ved kapillære krefter. Jordvæskesamleren består av et membran-filter (polykarbonat, cellulose-acetat, cellulose-nitrat eller PTFE) montert i en filterholder. Filteret hviler på et forfilter av glassfiber som igjen hviler på en veke av glassfiber som har kontakt med jordvæskeoppsamleren. Denne jordvæskeoppsamleren kan være stor slik at kontaktflaten

mot jorden kan være betydelig større enn for en jordvæskesuger. Ulempen med membranprøvetakerne er at jorden må graves opp før installering.

Det er bare ved membranprøvetaking at jordvæske transporteres til prøvetakersystemet ved. Undertrykk i systemet frakter deretter jordvæsken videre til prøveflasken.

5.2 Gravitasjonsprøvetakere

Gravitasjonsprøvetakere tar prøver av fritt drenerende vann ("free drainage samplers"). Slike systemer blir i de fleste sammenhenger kalt lysimetre. Gravitasjonslysimeterne ligner plateoppsamlere under trykk (nevnt over) bortsett fra at undertrykket ikke etableres. Ofte er det imidlertid nyttig å ha et visst undertrykk for å bryte overflatespenningen mellom jord og prøvetaker. Jordvæske som er samlet opp hentes opp enten ved undertrykk, trykksetting av prøvebeholder eller ved at kammeret tas opp og tømmes.

De fleste gravitasjonsprøvetakere består en eller annen type plate som monteres horisontalt i jorda. Se for eksempel ASTM (1992) for beskrivelse av ulike utforminger av gravitasjonslysimetre.

Dersom det er ønskelig kun å ta prøve av fritt drenerende vann i jorda er det nødvendig å installere en gravitasjonsprøvetaker (plate-lysimetre).

Det finnes også keramiske plater som bruker undertrykk. Fordelen med disse er at kontaktflaten mot jorden er betydelig større enn for jordvæskesugere, men har den ulempen at jorda kan forstyrres betydelig ved installering.

5.3 Oppsummering

Bruk av jordvæskesugere synes å være det mest gunstige prinsippet for prøvetaking av jordvæske ved bruk av undertrykk. Sugeceller gir mindre forstyrrelser av jorda, samtidig som jordvæskesugere finnes i utforminger og materialer som gjør at de tåler støt og trykk (fysisk sterke) og kjemisk påvirkning (korrosjon). Sugeceller er de lettest tilgjengelige prøvetakerne for jordvæske og samtidig de som er mest utprøvd.

Ulike typer plate-lysimetre eller plate-lysimetre hvor det etableres undertrykk, kan være et godt alternativ til jordvæskesugere dersom jorda har en bruddstyrke som gjør at installeringen ikke forstyrrer ovenforliggende jordsjikt. Platelysimeterne er meget godt egnet til å prøve av perkolerende vann i jord.

6. Nytteverdi og bruk

6.1 Generelt

Oppsamling av jordvæske i jordvæskesugere med påfølgende analyse av organiske og uorganiske forbindelser vil gi informasjon om konsentrasjonen av disse forbindelsene i jordvæske i umettet sone.

Konsentrasjonen i jordvæske gir informasjon

om den andelen som kan spres med vannfasen til mulige resipienter som grunnvann eller overflatevann,

om hvor tilgjengelige forbindelsene er for planter og jordlevende organismer og

om biologisk nedbrytning av organiske forbindelsene kan være hemmet av sterk sorpsjon til jordpartikler og dermed lav tilgjengelighet for mikroorganismer.

6.2 Spredningsundersøkelser

Jordvæskesammensetningen i umettet sone i og under en grunnforurensning gir informasjon om utlekking av organiske og uorganiske forbindelser fra forurensningen. Jordvæskesugere som er installert i forurensningen gir informasjon om fordelingen av en forbindelse mellom jord- og vannfase, jordvæskesugere som er installert under forurensningen opplyser om spredningen av forurensningen. For å kunne anslå spredning av forurensningen fra kilden og for å foreta fluksberegninger, er det imidlertid nødvendig å kjenne mengde vann som perkolerer forbi jordvæskesugeren. Det finnes mange metoder for å lage slike vannbalanser. En oversikt over ulike metoder er bl.a. gitt i "Submanual on soil solution collection and analysis" (<http://www.icp-forests.org/Manual.htm>). Metodene varierer i kompleksitet og krav til inndata. Ionebalansen for klorid kan brukes og krever at nedbørmengde, klorid-innhold i nedbør og jordvæske er tilgjengelig. Mer kompliserte metoder krever informasjon om evapotranspirasjon, jordas hydrauliske ledningsevne, vertikal fordeling av vann, vanninnhold og vannholdingskapasitet.

Spredningsmodeller som Modflow

(http://www.scisoftware.com/products/modflow_overview/modflow_overview.html) eller

PhreeqC (http://www.brr.cr.usgs.gov/projects/GWC_coupled/phreeqc/) som tar

utgangspunkt i jordas og forurensningens egenskaper samt vanngjennomstrømning, brukes

til å simulere spredning av forurensningen for ulike tidsperioder. Jordvæskedata fra ulike

prøvetakingssteder i og under forurensningen kan brukes i validering av modellen.

Jordvæskedata fra en konkret forurensning kan hjelpe til å avklare i hvilken grad en

modell er egnet til å simulere utlekkingsprosessene som foregår i den konkrete lokaliteten.

6.3 Biotilgjengelighetsundersøkelser

For forurensninger som finnes i jord går man ut i fra at kun den andelen som er løst i vannfasen er tilgjengelig for jordlevende organismer. Denne såkalte biotilgjengelige andelen bestemmer om det kan forventes toksiske effekter fra en forurensning.

Jordvæskesugere som måler konsentrasjonen av forbindelsene i jordvæske kan brukes til å anslå den biotilgjengelige andelen av en forurensning i jord. Det må imidlertid

understrekkes at kun de forbindelsene som er oppløst i vannfasen og som ikke er bundet til

løst organisk materiale eller kolloider, tas opp i organismer. Den oppløste andelen av en

forbindelse i vannfasen kan bestemmes ved hjelp av passive prøvetakere som f.eks. solid

phase micro extraction (SPME) eller metallprøvetakere (diffusive gradients in thin films -

DGT).

Mikroorganismer bryter ned organiske forbindelser som er løst i vannfasen eller som de klarer å løse fra partiklene. Andelen som er løst i vannfasen gir en god indikasjon hvor godt en forbindelse er tilgjengelig for mikroorganismer i jord. Tilgjengeligheten av forbindelsen samt levedkår for mikroorganismene og forbindelsens nedbrytbarhet generelt regulerer i hvilken grad en forbindelse kan brytes ned i jorden. Konsentrasjon av forbindelsen i jordvæske kan brukes til å anslå tilgjengelighet for mikroorganismer.

7. Begrensninger ved bruk av jordvæskesugere

7.1 Tette jordtyper

I kapittel 2 er det nevnt at jordvæskesugere virker best i sandig og siltig jord. I grusholdig jord har jorda svært lite evne til å holde vann i umettet sone. I tillegg er den nødvendige kapillære kontakten mellom jord og jordvæskesuger vanskelig å oppnå og en vil derfor prøveta svært lite jordvæske. I leirholdig jord er det kapillære vannet sterkt bunnet og det krever høyt undertrykk for å prøveta dette vannet. Med jordvæskesugere er det derfor ikke mulig å prøveta større mengder (>100 ml) porevann fra leirjord. Fritt vann i leire perkolerer gjennom sprekker og makroporer og det er derfor vanskelig å prøveta fritt vann i denne jordtypen.

7.2 Heterogenitet i jord

Forurensninger kan være svært heterogent fordelt i grunn. Denne variasjonen kan føre til at jordvæske fra ulike prøvetakingspunkter kan inneholde svært forskjellige konsentrasjoner av forbindelser. Installasjon av flere jordvæskesugere kan i noen grad gi en oversikt over variasjon både i vertikal og horisontal utstrekningen men det kan være krevende å få en oversikt over forurensningens fordeling i grunnen.

7.3 Kjemiske og fysiske egenskaper ved forurensninger

Jordvæskesugere som suger jordvæske til jordoverflaten og lagrer den i glassflasker, er påsatt undertrykk som gjør det vanskelig å bestemme konsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser i jordvæske. Flyktige forbindelser (Henry's constant $> 10^{-2}$ Pa·m³/mol) i jordvæske vil fordeles mellom væske- og gassfasen i flasken avhengig av damptrykket og temperaturen. Hvis gassfasen er stor i forhold til vannfasen i glassflasken, vil en betydelig andel av en flyktig organisk forbindelse oppholde seg i gassfasen. Det finnes jordvæskesugere (se <http://www.soilmoisture.com/pdf/1923.pdf>, <http://www.prenart.dk/sampler.php>) som samler opp jordvæske i bakken før den presses opp med trykk. Disse systemer er ofte betydelig større enn konvensjonelle jordvæskesugere. Installering og prøvetaking av denne type jordvæskesugere er ofte annerledes en av konvensjonelle typer og omtales ikke i denne veiledningen.

Hydrofobe forbindelser ($\log K_{ow} > 4$) er vanligvis lite vannløselig og vil i stor grad være bunnet til løste organiske partikler (DOC) i jordvæsken. Partikler som er større enn jordvæskesugerens porestørrelse (for Prenart-prøvetakere 2 µm) blir filtrert ut og samles ikke opp. Dette kan være en forklaring på konsentrasjonsforskjeller mellom ulike typer jordvæskeprøvetakere.

Da forurenset grunn ofte består av flere ulike forurensninger kan det være nødvendig å bruke flere typer jordvæskesugere og oppsamlingsflasker. Planlegging forut for installering både med tanke på hvilket materiale som bør brukes i jordvæskesugeren, hvilken type slanger som er de mest optimale og metodikk for oppsamling må gjøres.

7.4 Forandring i jordvæskesammensetning som skyldes inngrep

Installasjon av jordvæskesugere medfører inngrep i grunnen som kan påvirke sammensetning av jordvæske i forhold til uforstyrret jordprofil. Selv om jordvæskesugerne skal installeres i uforstyrret jord, vil graving av sjakter, boring av hull til jordvæskesuger og tilbakeføring av utgravde masser til sjakten kunne påvirke jordvæskesammensetning. Også oppsamling av jordvæske i jordvæskesuger og lagring i flasker ved jordoverflaten kan forandre jordvæskesammensetning i noen grad. Ulike systemer til jordvæskeoppsamling kan føre til forskjellig jordvæskesammensetning.

8. Installasjon av jordvæskesugere

I dette kapittelet gis en oversikt over hvilket utstyr som er nødvendig for å installere jordvæskesugere i felt, enten i sjakter eller fra bakkenivå, og hvordan installeringen bør gjøres, trinn for trinn.

Det gis også anbefalinger når det gjelder kvaliteten på ulike deler av utstyret (jordvæskesugere, slanger, prøveflasker) ved prøvetaking av jordvæske med ulike typer forurensning.

8.1 Utstyr

Nedenfor er gitt en oversikt over hvilket utstyr som er nødvendig for å kunne installere jordvæskesugere i forurenset grunn.

8.1.1 Utstyr til jordvæskesugere

- Sugeceller av ønsket kvalitet (se nedenfor)
- Prøveflasker (0,5 - 1,0 l) med kork som har utgang for vakuumslange og inngang for vannprøve
- Vakuumpumpe (batteridrevet, håndpumpe etc) (se nedenfor)
- Vakuum- og prøveslanger (se nedenfor)

8.1.2 Tilleggsutstyr

- Spade (stor og liten)
- Jordspyd av stål i samme diameter som jordvæskesugeren
- "Ren" jord (sandig silt)
- Silikapulver (0,06-0,2 millimeter)
- Innføringsrør (rør med diameter 2-3 millimeter smalere enn jordvæskesugeren)
- Sikt (4mm)
- Plastbøtte eller kasse (10 liter)
- Stor trakt (20 cm diameter i topp)
- Kanne (25 liter) med springvann (ionebyttet vann ikke nødvendig)
- Bentonitt

8.2 Valg av jordvæskesugere

Sugeceller finnes i flere typer materialer og det er derfor mulig å samle opp jordvæske og bestemme innholdet av mange uorganiske og organiske forbindelser. Mest utbredt er jordvæskesugere fra Soilmoisture (<http://www.soilmoisture.com>), Prenart (<http://www.prenart.dk/>) og Eijkelkamp (<http://www.eijkelkamp.com>). Informasjon om ulike typer jordvæskesugere finnes også under http://www.sdec-france.com/index.php?lg=an&numprod=1&nom_du_produit=Tensiometer-mercury-manometer&source=Accueil

Tabell 1 gir en oversikt over hvilke materialer som bør brukes i jordvæskesugeren ved bestemmelse av ulike grupper forbindelser eller forurensninger.

Tabell 1: Oversikt over materialer som anbefales brukt i jordvæskesugeren ved bestemmelse av en gitt gruppe forbindelse eller forurensning

Type forbindelse	Type materiale
Næringsstoffer	PTFE+silika (50 %/50 %) PTFE+rustfritt stål (50 %/50 %) Rustfritt stål (100 %) Borosilikatglass Keramiske materialer Plast
Tungmetaller	PTFE+silika (50 %/50 %) Keramiske materialer
Vannløselige organiske forbindelser	PTFE+rustfritt stål (50 %/50 %) Borosilikatglass Rustfritt stål (100 %)
Fettløselige organiske forbindelser	Rustfritt stål (100 %) Borosilikatglass

Utstyret må tåle både fysisk og kjemisk påvirkning (stein, kjemikalier etc).

Sugeceller fås i dag i flere størrelser. Samtidig er det mulig å spesiallage jordvæskesugere for spesielle formål (f.eks. http://www.soilmoisture.com/subcategory.asp?cat_id=16, <http://www.prenart.dk/sampler.php>).

8.3 Valg av slangemateriale

Slangen som brukes for å lage undertrykk i jordvæskesugeren (eller lignende) skal være gass tett og inert ovenfor de forbindelsene som prøvetas. Kravet som settes til denne er at den tåler det undertrykket som settes på jordvæskesugeren (-850 mbar). Slangen hvor jordvann transporteres bør bestå av et materiale som ikke adsorberer de forbindelsene som skal bestemmes kvantitativt. Følges regelen om at de første 500 ml av jordvæskesugeren skal kastes, blir dette mindre kritisk, men vi anbefaler likevel å bruke teflonslanger eller slanger i rustfritt stål der hvor konsentrasjonen av organiske forbindelser skal bestemmes

8.4 Valg av prøveflasker

Det bør benyttes glassflasker av borsilikatglass, helst av laboratoriekvalitet for å samle opp jordvæske. Flaskene må kles med aluminiumsfolie dersom de ikke er brunfarget eller dekket på annen måte (for eksempel i en kum eller hull i bakken).

Det er en fordel ikke å erstatte prøveflaskene for de ulike jordvæskesugerne når prøven tas. Dette vil redusere mulighetene for kontaminering. Dersom det dannes algevekst i

prøveflaskene må imidlertid prøveflasken erstattes med en ren, syrevasket flaske så snart som mulig.

8.5 Vask av utstyr før bruk

Det anbefales å syrevaske (1N HCl) alt utstyr som kommer i kontakt med jordvæske. Etter syrevasking må utstyret skylles grundig i ionebyttet vann.

8.6 Antall jordvæskesugere

Det anbefales å installere 4 jordvæskesugere i hvert sjikt/prøvepunkt eller i hvert punkt. Årsaken til dette er at forurenset grunn ofte er lite homogen både med hensyn på forekomst av forurenningene i massene og med hensyn på teksturen til massene. Dette gjør at det er betydelig usikkerhet knyttet til konsentrasjonsnivåer i det enkelte jordsjikt/prøvepunkt og til hvor mye vann som vil suges opp av den enkelte celle. Heterogeniteten og stedvis grove masser i jorda gjør av og til at jordvæskesugere ikke fungerer. For å øke sjansen for å få jordvæske fra tre punkter i hvert sjikt, bør minimum 4 jordvæskesugere installeres.

Innledningsvis i en grunnundersøkelse eller i et overvåkingsprogram er det spesielt viktig å få analysedata fra minst 3 jordvæskesugere. Bare på denne måten kan man få et bilde av variasjonen i sammensetningen av jordvæske og dermed representativiteten til de ulike jordvæskesugerne.

For å redusere analysekostnader vil det være aktuelt å slå sammen prøver fra jordvæskesugere. Det anbefales at dette eventuelt gjøres etter at man har fått et bilde på variasjonen i sammensetning.

8.7 Kondisjonering av jordvæskesugere

Det er en stor fordel om jordvæskesugerne kondisjoneres før bruk dvs. den mettes med vann og partikler/kolloider. Hensikten er å få jordvæskesugeren til å få kapillært kontakt i overgangen mellom jordvæskesuger og jord.

Kondisjoneringen gjøres ved å plassere jordvæskesugeren i en tynn slurry bestående av én del ren jord som finnes på stedet og 3-4 deler vann. På et system bestående av sonde, prøveslange, vakuumpumpe og prøveflaske settes det så undertrykk tilsvarende -500 mbar. Etter 15-30 minutter tas jordvæskesugeren opp av slurryen, jord skylles av og flaskene tømmes for væske.

Jordvæskesugeren er nå klar til installering.

Dersom det er vanskelig å avgjøre hvorvidt massene til kondisjoneringen er rene, bør medbrakt jord benyttes.

8.8 Installering av jordvæskesugere i sjakter

Etter at riktige prøveflasker, vakuumpumpe og slanger er valgt, kan installeringen av jordvæskesugerne begynne.

Vi anbefaler å installere jordvæskesugere fra sjakter som graves i det aktuelle området. Det er flere fordeler med dette:

Sjaktning gir en god oversikt over massene på stedet både når det gjelder lagdeling og tekstur. En oversikt over lagdeling og tekstur i jorda er nødvendig for å plassere jordvæskesugerne riktig i forhold til synlige forurensinger og for å kunne ta ut rene masser til kondisjonering (se under) og tetting av borehull for jordvæskesugere.

Sjaktning gir mulighet for å installere jordvæskesugere relativt dypt (3-4 meter under bakkenivå) og gir på denne måten mulighet for å installere sugere i hele jordsøylen (overflate til grunnvann).

For å unngå at jordvæskesugeren plasseres i omrørte masser, installeres de i sjaktveggen. Sugeceller kan installeres horisontalt eller på skrå i sjaktveggen. En fordel ved å installere på skrå (30-45°) eller vertikalt er at jordvæske vil samle seg i enden av jordvæskesugeren og at det dermed vil være lettere å suge opp jordvæske dersom det er lite væske (prøveslangen plasseres i spissen/enden av jordvæskesugeren). Horisontal installering kan medføre problemer med å suge opp jordvæske og bør unngås.

Det bores eller stikkes (stålspyd) et hull 0,5-0,75 meter inn i sjaktveggen. Har man et kraftig stålspyd kan dette bankes inn i jorden ved hjelp av slegge. Hullet bør ha tilnærmet samme diameter som jordvæskesugeren. Dersom det ikke er mulig å lage hull med stålspydet kan jordbor benyttes, men det må være så smalt som mulig for å oppnå minst mulig forstyrrelse i jorda.

Etter at dybden på hullet er bestemt dvs. plasseringen av jordvæskesugeren, helles en tynnflytende slurry (150-200 ml) av sandig silt (siktet ved 630 µm fra stedsegne masser) gjennom et rør (her kan innføringsrøret og trakt benyttes) inn i bunnen av hullet. Hvis de stedsegne masser er for grove, kan også ren silikapulver brukes. Alternativt til rør og trakt kan det brukes et rør med stempel i til å plassere jorda/silika pulver i bunnen av hullet. Denne jorda blir liggende som en kappe rundt jordvæskesugeren og gjør at jordvæskesugeren får bedre kapillær kontakt med jorda rundt. Det er uheldig dersom det blir liggende grus og stein inntil jordvæskesugeren.

Vann tilføres forsiktig gjennom innføringsrøret for å fukte opp den tilførte jorda. Dette forhindrer også luftlekkasjer gjennom porefilteret.

Sugecellen føres deretter inn i hullet ved bruk av innføringsrøret. Sugecellen (som tåler en del trykk) trykkes eller bankes lett på plass.

Hullet etterfylles med en tykk slurry bestående av en del stedegne masser og en del vann. Dersom det er mye grove masser (stein, grus) på stedet anbefales å sikte massene (4 mm) før de tas tilbake i hullet.

Tilslutt kan hullet tettes med bentonitt. Tetting med bentonitt gjøres for å hindre at jordvæskesugeren påvirkes av masser og vann fra sjakten.

Prøveflasken må plasseres mørkt og helst kaldt dersom jordvæske suges opp kontinuerlig. Jordvæsken må ikke bli stående i sollys. Det anbefales derfor å installere en kum med lokk på toppen av sjakten for å beskytte prøveflasker og vakuumpumpe. Kummen kan dekkes med jord/løv for å skjule installasjonen (hærverk forekommer).

Vinterstid er det mulig å isolere kummen (for eksempel med vintermatte). Dette gjør det mulig å ta prøver av jordvæske gjennom hele vintersesongen.

Prøveslangen fra jordvæskesugeren kobles til prøveflasken og et undertrykk på -700 mbar settes på systemet. Prøvetaking begynner.

8.9 Prøvetaking av jordvæske

Som nevnt finnes det flere typer systemoppstillinger for å samle opp jordvæske. Det anbefales som nevnt å plassere prøveflaskene under bakkenivå for å holde lavest mulig temperatur om sommeren (evt. i kjølebagger som står på bakkenivå) og hindre frysing om vinteren. Når det gjelder opphenting av jordvæske er det to metoder som vanligvis brukes:

Det settes undertrykk på systemet (for eksempel -700 mbar). Ettersom prøve suges opp avtar trykket og mindre og mindre vann suges opp. Enkle håndpumper kan etablere trykk i alle fall ned til -500 mbar, mens elektriske vakuumpumper (oppladbare) må til for å oppnå -700 mbar.

Det settes undertrykk på systemet (for eksempel -700 mbar) og trykket opprettholdes ved å bruke en vakuumpumpe som holder konstant undertrykk i jordvæskesugeren. Systemer hvor trykket reguleres etter pF-verdien i jorda finnes også (dette er en dyrere og kanskje ikke helt nødvendig løsning). Leverandører som Prenart ApS (<http://www.prenart.dk/>), Soilmoisture (<http://www.soilmoisture.com>), SDEC France (<http://www.sdec-france.com/>), UMS GmbH (<http://www.ums-gmbh.de/>) tilbyr pumpe-systemer som opprettholder konstant trykk ned til -850 mbar og er praktisk å bruke i felt. Det enkleste system benytter seg av en hengende vannsøyle hvor undertrykk pålegges umiddelbart etter prøvetaking og holder seg konstant over hele prøvetaksperioden (Riekerk & Morris, 1983).

Det anbefales at de første prøvene av jordvæske som suges opp ikke analyseres. Hvis en forventer svært lave konsentrasjoner av organiske og uorganiske forbindelser i jordvæske skal det suges opp 2000-4000 ml jordvæske før prøver tas ut til analyse (<http://www.prenart.dk/prenart.php#heavy>). Erfaringsmessig er dette svært mye prøve i forhold til de mengdene som kan samles i jordvæskesugere i umettet sone på lokaliteter med forurenset grunn. Det vil derfor kunne gå svært lang tid før det er mulig å ta ut prøver til analyse. For konsentrasjoner som forventes i forurenset grunn, anbefales at de første 500 ml jordvæske ikke analyseres. Jordvæske som suges opp etter dette volumet kan analyseres.

Hvor lenge prøvetakingen av jordvæske skal foregå, avhenger av type forbindelser som prøvetas, jordtype og formål med undersøkelsen. Analyse av uorganiske parametere krever oftest ikke mer enn 100 ml prøve noe som vil ta mellom seks timer og en dag i fuktig siltholdig jord. Derimot behøves det minst 500 ml prøve til analyse av organiske forbindelser, noe som vil ta mellom en dag og en uke. I leireholdig jord og tørr jord kan det være vanskelig å samle så mye jordvæske innen rimelig tid. Prøvetaking som foregår i mer enn en uke, skal unngås fordi lagringen i prøveflasker vil påvirke jordvæskas egenskaper og kan dermed også påvirke konsentrasjonene av parametrene.

Det skal gjennomføres flere prøvetaksrunder for å få et bilde om utlekking av forbindelser under ulike meteorologiske forhold. Spesielt i begynnelse av nedbørsepisoder anbefales prøvetaking av jordvæske da det kan forventes høy utlekking av forbindelser. Det er viktig å følge med i hvordan konsentrasjonsutviklingen er for ulike parametere i jordvæske samlet med jordvæskesugere. Dette vil også gi en indikasjon på om det skjer systematiske endringer med tiden.

Hvis jordvæskesugerne er installert i anaerobe forhold, er det en fordel å skylle prøvetaksflasker med nitrogen før det settes på undertrykk. Dette for å unngå utfelling av forbindelser under aerobe forhold i prøveflasken, slangen eller jordvæskesugeren.

8.10 Konservering av prøve

I tillegg til at prøveflaskene bør stå kaldt og mørkt, kan det være aktuelt å tilsette 1ml natriumazid (NaN_3) (10 mM) for å hindre bakterievekst i prøveflasken. Konservering med NaN_3 er spesielt viktig dersom prøvene blir stående mer enn 8 timer og i de tilfellene hvor organiske forurensetninger skal bestemmes i jordvæsken.

Alternativet til en slik konservering av jordvæske er å korte ned intervallene på prøvetakingen til 6-8 timer dvs. kun prøvetaking gjennom en dag (evt. gjennom en natt).

8.11 Analyser av jordvæske

Alle jordvæskeprøver bør analyseres ved totaloppslutning dvs. at prøven ikke filtreres før analyse. De partikler og kolloider som transporteres med jordvæsken gjennom membranen i jordvæskesugeren og videre til prøveflasken, vil også kunne transporteres med jordvæsken til grunnvannet eller annen resipient.

8.12 Problemløsning og vedlikehold

8.12.1 *Sugecellen suger ikke lenger vann*

Dersom jordvæskesugeren ikke lenger suger vann eller oppsamlet vannmengde reduseres betydelig over tid, kan dette skyldes at porene i cellen er tette. En løsning på dette kan være å lage overtrykk i jordvæskesugeren og på denne måten "blåse" ut partikler, bakterier, biofilm fra porene i jordvæskesugeren. Det er imidlertid ikke nødvendig å gjøre dette regelmessig. Sugeceller som fungerer bør få være mest mulig uforstyrret. I overvåkingsprogram for skogskader (OPS) (opprettet i 1984/85) har jordvæskesugerne vært operative i 12-14 år og de fungerer fremdeles.

En annen årsak til at jordvæskesugeren ikke suger vann kan være at vakuumslange eller prøveslange er utette. Dette registreres dersom undertrykket ikke holder seg etter at luft er sugd ut av jordvæskesugeren. Utette ledninger kan skyldes frost eller angrep fra gnagere. Slanger over bakkenivå kan skjøtes (bruk skjøtemuffer og strips).

8.12.2 *Beskyttelse av prøve- og vakuumslinger*

En måte å beskytte prøve- og vakuumslangene på er å bruke føringsrør som brukes av bl.a. elektrikere. Ved å beskytte slangen 10-15 cm nedover i jorda og fram til prøveflaske og vakuumpumpe, kan museangrep og påvirkning fra sollys unngås.

Som nevnt vil installering under bakkenivå for eksempel i sementkum være en god løsning dersom det skal tas prøver over lang tid.

8.12.3 *Skifte av koblinger og pakninger*

Det anbefales å bytte koblinger og pakninger årlig. Dette gjelder spesielt pakningene i gjennomføringene i korken på prøveflasken da disse er viktige for å oppnå og vedlikeholde undertrykk i prøvetakingssystemet.

9. Referanser

- ASTM 2000. Standard guide for pore-liquid sampling in the vadose zone. Designation: D 4696 - 92 (reapproved 2000). ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, US.
- Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, V. og Aas, W. 2004. Intensiv skogovervåking i 2003. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. Skogforsk, Norsk institutt for skogforskning, Høgskolevn. 8, N-1430 Ås.
- Kjærgaard, M., de Jonge, H. og de Jonge Wollesen, L. 2000. Prøvetagning af porevand i umættet zone. Et litteraturstudie. Miljøprojekt nr. 540 2000. Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet, Danmark.
- Riekerk & Morris, 1983. A Constant-Potential Soil Water Sampler, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47: 606-608
- Westby, T. 1993. Prøvetaking av jordvæske. Jordforsk-rapport 6.A.3.1-1/1, ISBN 82-7467-093-0. Jordforsk, Frederik A Dahlsvei 20, N-1432 Ås.
- Pang, L. P., Close, M. E., Watt, J. P. C., and Vincent, K. W., 2000 Jun. Simulation of Picloram, Atrazine, and Simazine Leaching Through Two New Zealand Soils and Into Groundwater Using Hydrus-2d. *Journal of Contaminant Hydrology*. 44(1): 19-46.
- Patterson, B. M., Franzmann, P. D., Rayner, J. L., and Davis, G. B., 2000 Nov. Combining Coring and Suction Cup Data to Improve the Monitoring of Pesticides in Sandy Vadose Zones: a Field-Release Experiment. *Journal of Contaminant Hydrology*. 46(1-2): 187-204.
- Wenzel, W. W., Brandstetter, A., Wutte, H., Lombi, E., Prohaska, T., Stingeder, G., and Adriano, D. C., 2002 Apr. Arsenic in Field-Collected Soil Solutions and Extracts of Contaminated Soils and Its Implication to Soil Standards. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science-Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Und Bodenkunde*. 165(2): 221-228.