

Forundersøgelser og evt. etablering af nye sugecellefelter ved station 2 og 3 i LOOP 3 (Horndrup Bæk)

Forundersøgelse: Test af sugeceller, slangelængder og flaskestørrelser

Per Rasmussen



Forundersøgelser og evt. etablering af nye sugecellefelter ved station 2 og 3 i LOOP 3 (Horndrup Bæk)

Forundersøgelse: Test af sugeceller, slangelængder og flaskestørrelser

Per Rasmussen

Indhold

1.	Indledning	4
2.	Metode	5
2.1	Testprogram.....	5
2.2	Testopstilling.....	8
3.	Resultater	11
3.1	Test 1.....	11
3.2	Test 2 og 3.....	12
3.3	Mulige fejlkilder.....	16
4.	Anbefalinger	17
5.	Referencer	18
Bilag		19
	Bilag 1. Lufttemperaturer ved Landbohøjskolen, København.....	20
	Bilag 2. Test 1 – Variation i sugecellers opsamlingskapacitet.....	21
	Bilag 3. Test 2 – I vand.....	23
	Bilag 4. Test 3 – I jord.....	35

1. Indledning

Denne rapport og den bagvedliggende undersøgelse er foranlediget af Naturstyrelsen Kronjylland. En af Naturstyrelsens opgaver er at opsamle jordvand under landbrugsarealer som en del af det nationale overvågningsprogram for vand og natur (NOVANA). Det sker fra marker med sugecellefelter bestående af 10 sugeceller per felt. I LOOP 3, Horndrup Bæk oplandet, ligger sugecellefelterne ved station 2 og 3 på en sådan måde at flere sugeceller får dobbelt gødsning, dvs. gødsning fra 2 sider /1/.

Naturstyrelsen har derfor iværksat en forundersøgelse af om der kan placeres nye sugecellefelter længere inde på marken så gødningsoverlap undgås. Mere specifikt skal det undersøges om jordbundsforholdene længere inde på de 2 marker er sammenlignelige med jordbundsforholdene omkring de eksisterende 2 sugecellefelter. Og det skal undersøges om der ved en placering af nye sugecellefelter længere inde på markerne vil kunne opsamle tilstrækkelig vand fra sugecellerne til prøvetagning /2/.

Forundersøgelser består af 2 dele /2/:

- 1) Udførelse af en EMI/EM38 kortlægning af 10.000 m² ved hver af de 2 stationer. Målingerne skal dels give mulighed for at vurdere variationen i teksturforhold i et område omkring de eksisterende sugecellefelter, og dels om muligt at foreslå placeringer af 2 nye sugecellefelter /3/.
- 2) Der skal laves test med sugecelle, slangelængder, startvakuum og flaskestørrelser, således at det kan godtgøres at alle celler i et nyt felt kan levere tilstrækkeligt vand til prøvetagning og vandkemiske analyser selvom afstanden til opsamlingsbrønden øges.

Denne rapport omhandler forundersøgelseernes del 2, test med sugeceller.

Ved test med sugeceller belyses betydningen af forskelle i slangelængder, flaskestørrelser og startvakuum for det opsamlede vandvolumen og restvakuum.

Det eksisterende prøvetagningssystem og prøvetagningsprocedure for Landovervågningsoplande er beskrevet i afsnit 2.2 og 2.3 i /4/ og i /5/.

I en test af slangelængder og eventuel ændring i sugekapacitet indgår en test af opsamlingsvolumen ved nuværende slangelængde (max. 25 m) og nuværende flaskestørrelse (1 L) samt mulige kommende maksimale slangelængder ved henholdsvis nuværende flaskestørrelse og evt. større fremtidige flasker på 2 L eller endnu større, fx 4 L. I testen indgår også om det kan blive nødvendigt at sænke begyndelsesvakuum til under de -0,7 bar, der er kravet i /4/. Testen skal sandsynliggøre om det opsamlede volumen ved længere slange og evt. større flaske nogenlunde svarer til det nuværende koncept /2/, /4/ og /5/.

Den gennemførte test vurderes at have en bredere anvendelighed i LOOP-programmet end for den konkrete problemstilling for 2 stationer i LOOP3.

2. Metode

Der gennemføres en test med sugecelle, slangelængder, startvakuum og flaskestørrelser til godtgørelse af at celler i et nyt felt placeret længere fra opsamlingsbrønden end det eksisterende felt kan levere tilstrækkeligt med vand. Testen skal synliggøre om det opsamlede volumen ved brug af længere slange, evt. ændret startvakuum og/eller evt. større flasker nogenlunde svarer til hvad der opnås fra de eksisterende felter /2/, /4/ og /5/. Fokus for testen er vakuumbet og friktionsmodstand som funktion af slangelængden.

Alle test gennemføres i laboratoriet ved en temperatur på ca. 10 grader celsius for at tilstræbe feltlignende forhold. Det vil være både logistisk og omfangsmæssigt mindre omfattende at gennemføre testene i laboratoriet fremfor i marken.

Undersøgelsen deles op i 3 test. Ved Test 1 og 2 placeres sugecellerne i vand, og ved Test 3 placeres sugecellerne i en sandet moræneler, også i en laboratorieopstilling. Ved hver testkombination i Test 2 og Test 3 anvendes 2 sugeceller for at tage højde for variationen i sugecellernes porestørrelse. De anvendte materialer, sugeceller, teflonslanger, flasker og fittings mm er af mærket PRENART (www.prenart.dk).

2.1 Testprogram

Test 1

For at teste variabiliteten i sugecellernes porestørrelse testes 12 sugeceller for hvor meget vand der suges op på 2 timer ved et startvakuum på -0,7 bar og en slangelængde på 2 m. Der udvælges et antal sugeceller med en ensartet kapacitet til Test 2 og 3.

Test 2

I Test 2 testes betydningen af forskellige flaskestørrelser, slangelængder og startvakuum for det opsamlede vandvolumen og restvakuum. Testen udføres efter nedenstående skema, Tabel 2-1.

Tabel 2-1. Testkombinationer for flaskestørrelser, slangelængder og startvakuum i Test 2

Celle nr.:	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
Flaske volumen (l)	1	1	1	1	1	1
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum 1 (bar)	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Start vakuum 2 (bar)	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Start vakuum 3 (bar)	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
Celle nr.:	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
Flaske volumen (l)	2	2	2	2	2	2
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum 1 (bar)	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Start vakuum 2 (bar)	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Start vakuum 3 (bar)	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
Celle nr.:	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
Flaske volumen (l)	4	4	4	4	4	4
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum 1 (bar)	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Start vakuum 2 (bar)	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Start vakuum 3 (bar)	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85

Ved hver test måles opsamlet vandvolumen og restvakuum for hver 0,5 time, 1 time, 5 timer og 22 timer.

Test 3

I Test 3 placeres sugecellerne i en forsøgsopstilling i laboratoriet med sandet moræneler svarende til jordtypen i LOOP 3. Dette gøres for at teste sammenhængen mellem slangelængder, vakuum og flaskestørrelse under feltlignende men kontrollerede forhold, hvor effekten af jordtensionen (vandmætningen) og kvartsmel også inddrages i analysen. Det opsamlede vandvolumen og restvakuum registreres efter nedenstående skema, Tabel 2-2.

Tabel 2-2. Testkombinationer for flaskestørrelser, slangelængder og startvakuum i Test 3

Celle nr.:	C-1	C-2	C-3	C-4
Flaske volumen (l)	1	1	1	1
Slange længde (m)	25	25	50	50
Start vakuum 1 (bar)	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Start vakuum 2 (bar)	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
Celle nr.:	C-1	C-2	C-3	C-4
Flaske volumen (l)	2	2	2	2
Slange længde (m)	25	25	50	50
Start vakuum 1 (bar)	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Start vakuum 2 (bar)	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85

Ved hver test måles opsamlet vandvolumen og restvakuum for hver 0,5 time, 1 time, 5 timer og 22 timer.

Test 3 omfatter af praktiske grunde ikke så mange sugeceller og kombinationer af slangelængder, vakuum og flaskestørrelse som Test 2. Hvilke kombinationer der skal testes i Test 3 vil afhænge af resultatet af Test 2, og ovenstående tabel er et eksempel på hvad der vurderes som det mest realistiske testscenarium.

Testen af sugecellerne kan gennemføres på 3 uger (15 arbejdsdage).

2.2 Testopstilling

Test 1 og 2

Ved Test 1 og 2 er de testede sugeceller placeret i vandfyldt spand og vakuumflaskerne er placeret på et bord ca. 0,75 m over sugecellerne. Efter afslutning af hver testrunde er det opsamlede vand hældt tilbage i spanden (Figur 2-1).



Figur 2-1. Test 2: Laboratorieopstilling til test af slangelængder, flaskestørrelser og startvakuum

Teflonslanger er målt op i længder på henholdsvis 25 m, 50 m og 100 m. Dog viste det sig af "100-m-slangen" var leveret i ruller á ca. 103 m, dvs. "50-m-slangen" er ca. 51,5 m, hvorimod "25-m-slangen" er målt ud i 25 m længder.

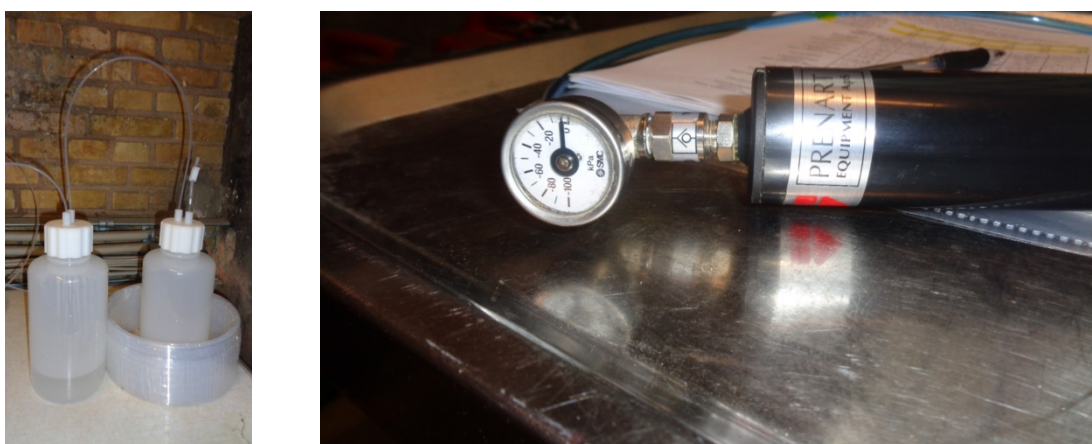
På hver sugecelle er der monteret ca. 2 m teflonslange. Sugecelleslangen er koblet sammen med den testede slangelængde ved hjælp af et ca. 5 cm langt stykke silikoneslange. På samme måde er de teste slangelængder koblet til vakuumflaskerne via en ca. 0,5 m slange fra vakuumflasken (Figur 2-2).

En 100 m lang teflonslange (FEP, teflon, OD 1/8" * ID 1.8mm) indeholder ca. 250 ml vand.



Figur 2-2. Sugecelleslangen er koblet sammen med den testede slangelængde ved hjælp af et ca. 5 cm langt stykke silikoneslange

Der er benyttet 1 L og 2 L plastflasker ved alle test. Ved test af vakuumvolumen på 4 liter er der anvendt 2 stk. 2 L flasker som er forbundet via en kort teflonslange (Figur 2-3 foto til venstre). Der er anvendt en håndpumpe af mærket PRENART til at påtrykke vakuum og måle restvakuum i prøveflaskerne (Figur 2-3 foto til højre).



Figur 2-3. Ved test af vakuumvolumen på 4 liter er der anvendt 2 stk. 2 L flasker (foto til venstre). Der er anvendt en håndpumpe vakuum og måle restvakuum (foto til højre)

Det maksimale vakuum der kan opnås med den anvendte vakuumpumpe er -0,85 bar. Også den batteridrevne vakuumpumpe fra PRENART kan højst give et vakuum ned til -0,85 bar. Det opsamlede vandvolumen er vejet på en vægt inden omregning et vandvolumen.

Test 3

Ved test i jord er der anvendt spand med diameter på 0,6 m og højde på 0,4 m fyldt med sand iblandet moræneler til en højde på ca. 0,25 cm. Sugeceller installeret med PRENART installationsspyd til bund af spand. Der er fyldt en kvartsmelsopslemning i det borede hul inden installation af sugecellen og der er foretaget en efterfyldning af installationshul med

sand. Jorden blev vandmættet 3 døgn før start af forsøg, hvorefter der blev boret en lille hul i bund af spand så vand kunne sive ud gennem bund af spand. Det vand som opsamles fra jorden ved 22 timers test er hældt udover jorden i spanden umiddelbart efter stop af test, dvs. vandet er hældt på ca. 2 timer inden start af næste testrunde (Figur 2-4).



Figur 2-4. Test 3: Laboratorieopstilling til test af slangelængder, flaskestørrelser og startvakuum

3. Resultater

Da testene blev gennemført i perioden 20.10 til 6.11 2015, hvor gennemsnitstemperaturen normalt er omkring 10 °C, blev forsøgsopstillingen af praktiske grunde placeret i et uden-dørs rum. Gennemsnitstemperaturen i forsøgsperioden var 9,8 °C, med en maksimumstemperatur på 14,2 °C og en minimumstemperatur på 3,6 °C (Bilag 1).

3.1 Test 1

En indledende test viste at vandopsamlingen for den enkelte sugecelle ikke var stor ved en opsamlings tid på 1 time. Derfor har testen af variationer i sugecellernes vandopsamlings- evne løbet over 2 timer.

I nedenstående Tabel 3-1 ses variationen i de 12 sugecellers vandopsamling over 2 timer ved et startvakuum på -0,7 bar ved anvendelse af 1 L flasker (Bilag 2). Der er foretaget en gruppering af sugecellerne efter lav, middel og høj ydelse.

Tabel 3-1. *Variationen i de 12 sugecellers vandopsamling*

Celle	Volumen (ml)	Gruppeinddeling
C10	297	lav
C11	298	lav
C7	300	lav
C1	303	lav
C9	339	middel
C12	351	middel
C8	370	middel
C2	378	middel
C4	378	middel
C3	387	middel
C5	387	middel
C6	503	høj

I Tabel 3-2 ses statistik på opsamlede vandvolumener for forskellige grupperinger af sugecellerne. Det ses at indenfor de enkelte grupperinger er spredningen på de opsamlede vandvolumener relativt lille. Det ses også at der er en forskel i opsamlingskapacitet på 20-25 % mellem gruppen med lav kapacitet i forhold til gruppen med middel kapacitet. For at belyse betydningen af de 2 sugeceller (C6 og C9) som afviger mest i opsamlet vandvolumen fra henholdsvis gruppen 'alle celler' (C6) og gruppen 'middel' (C9), er der vist to beregninger af middelværdig og standardafvigelse for disse to grupperinger af sugeceller i Tabel 3-2.

Tabel 3-2. *Statistik på opsamlede vandvolumener ved Test 1*

Vandvolumen: (alle celler)

Middel	358
Standardafvigelse	56

Vandvolumen: (alle uden C6)

Middel	344
Standardafvigelse	37

Vandvolumen: (lav)

Middel	300
Standardafvigelse	2

Vandvolumen: (middel)

Middel	367
Standardafvigelse	17

Vandvolumen: (middel uden C9)

Middel	375
Standardafvigelse	12

Der er hovedsageligt sugecellerne fra gruppen 'middel' der er anvendt i Test 2 og 3.

3.2 Test 2 og 3

I Bilag 3 ses resultaterne af de gennemførte test i vand og i Bilag 4 ses resultaterne af de gennemførte test i jord. Testene har fulgt det testprogram, som er beskrevet i afsnit 2.1.

Testskemaerne i Bilag 3 og 4 er opbygget således at hvert skema indeholder testen af en flaskestørrelse (1 L, 2 L eller 4 L), et startvakuum (-0,5, -0,7 eller -0,85 bar) og alle 3 testede slangelængder (25 m, 50 m og 100m). Hver kombination af flaskestørrelse, startvakuum og slange længder er gennemført med 2 forskellige sugeceller. Der er således 9 testskemaer med 6 test i hvert skema for de gennemførte test i vand. Tilsvarende er der 4 testskemaer med 4 test i hvert skema for de gennemførte test i jord.

Af de 9 testskemaer for vand (Bilag 3) fremgår det, at der efter en opsamlingsperiode på 22 timer ikke ses nogen sammenhæng mellem slangelængde og opsamlet vandvolumen, der opsamles samme vandmængde uanset slangelængden. Et eksempel på dette ses i Tabel 3-3, som viser opsamlet vandvolumen efter 22 timer for 1 L flasker med et startvakuum på -0,7 bar.

Testresultaterne indikerer således at for de testede slangelængder på henholdsvis 25 m, 50 m og 100 m har friktionen i slangen ingen betydning for det opsamlede vandvolumen, som alene er bestemt af porestørrelsen i sugecellen.

I Tabel 3-4 er vist middelværdi og spredning for hver testkombination af flaskestørrelse og startvakuum, men inklusiv de 3 testede slangelængder. Heraf fremgår det at der er en relativt lille spredning på de opsamlede vandvolumener for test i vand (Test 2), hvilket understreger at friktionen i slangen ingen betydning for det opsamlede vandvolumen.

Tabel 3-3. Opsamlet vandvolumen efter 22 timer for 1 L flasker med et startvakuum på -0,7 bar, Test 2

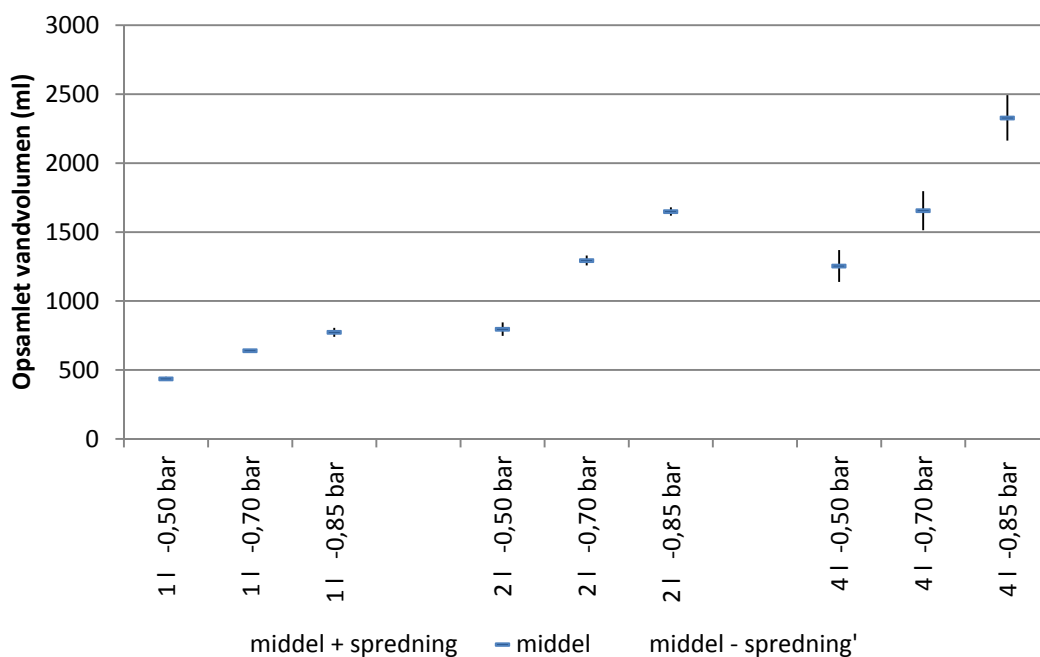
Flaske volumen (l)	1	1	1	1	1	1
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Celle nr.:	2	8	2	8	2	1
Flaske nr.:	1	3	1	3	1	2
Start dato	27.10.15	26.10.15	30.10.15	27.10.15	22.10.15	23.10.15
Start tid	11:55	12:28	10:58	11:56	11:50	10:32
Start vakuum (bar)	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Tid (22 timer)	09:51	10:26	08:58	09:52	09:50	08:30
Vand + flaske (gram)	990	973	989	983	1004	980
Vandvolumen (ml)	644	627	643	637	658	634
Rest vakuum (bar)	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,09	-0,1

Af testen i vand (Test 2) fremgår det at der er en tydelig sammenhæng mellem flaske størrelse og opsamlet vandmængde. Især mellem 1 L og 2 L flasker opnås der ca. et dobbelt så stort vandvolumen ved anvendelse af 2 L flasker i forhold til 1 L flasker ved samme startvakuum. Gevinsten ved at anvende 4 L flasker i stedet for 2 L flasker, eller at anvende et startvakuum på -0,85 bar i stedet for -0,7 bar er ikke tilsvarende stor (Tabel 3-4 øverst og Figur 3-1).

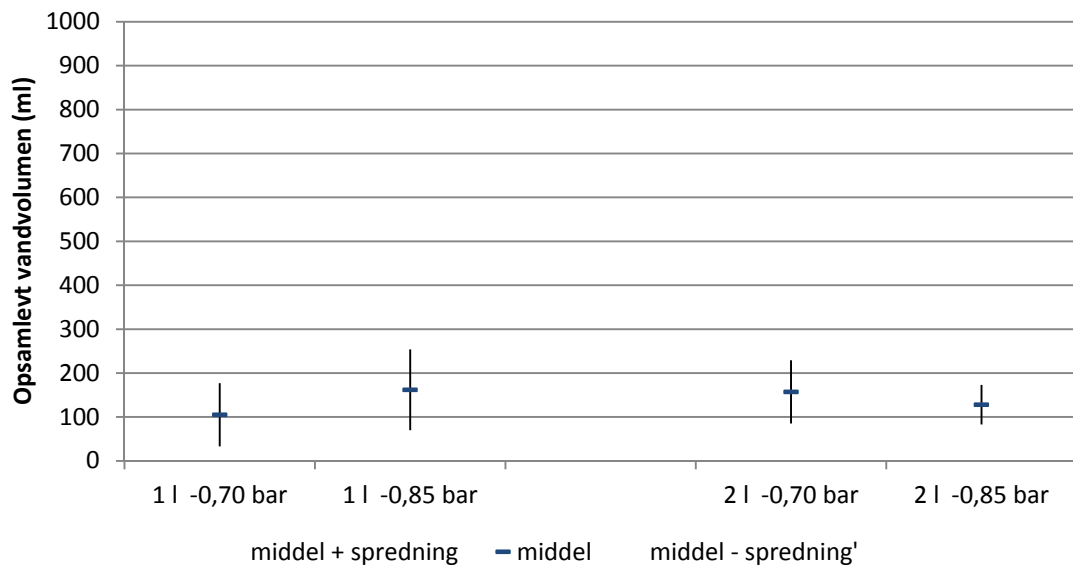
For test i jord (Test 3) ses en væsentlig større relativ spredning på de opsamlede vandvolumener (Tabel 3-4 nederst). Ved test i jord ses heller ikke en entydig sammenhæng mellem startvakuum og opsamlet vandmængde, som det ses ved test i vand. Dette skyldes givet vis såvel heterogeniteten i jorden som det relativt lille jordvolumen anvendt ved laboratorietesten. A Bilag 4 fremgår det at restvakuum efter 22 timer test i jord generelt er relativt højt, mellem -0,6 bar og -0,7 bar, hvilket indikerer at testen måske med fordel kunne være gennemført over en længere tidsperiode med vakuum. Det er ikke muligt at drage nogen konklusion af testen i jord (Test 3).

Tabel 3-4. Middelværdi og spredning for hver testkombination af flaskestørrelse og startvakuum, men inklusiv de 3 testede slangelængder. Øverst Test 2 (VAND) og nederst Test 3 (JORD)

			1 L	2 L	4 L
VAND	-0,5 bar	middel (ml)	436	796	1254
		spredning	14	49	116
	-0,7 bar	middel (ml)	640	1294	1655
		spredning	10	36	142
	-0,85 bar	middel (ml)	773	1649	2328
		spredning	33	30	165
JORD	-0,7 bar	middel (ml)	105	157	
		spredning	72	72	
	-0,85 bar	middel (ml)	162	128	
		spredning	92	45	



Figur 3-1. Middelværdi og spredning for hver testkombination af flaskestørrelse og startvakuum, men inklusiv de 3 testede slangelængder for Test 2 (VAND), se Tabel 3-4 /7/

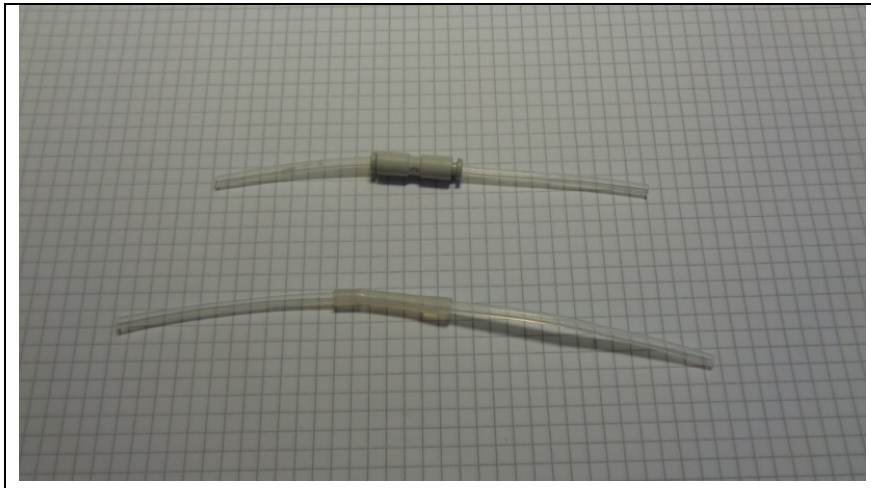


Figur 3-2. Middelværdi og spredning for hver testkombination af flaskestørrelse og startvakuum, men inklusiv de 3 testede slangelængder for Test 3 (JORD), se Tabel 3-4 /7/

3.3 Mulige fejlkilder

I forbindelse med gennemførelsen af de 3 test er der identificeret følgende mulige fejlkilder ved disse:

- Vand løber ud af nogle slanger og ikke andre ved skift af testopstilling
- Svært at påføre og aflæse vakuum præcist med anvendte (hånd-)vakuumpumpe, usikkerhed $\pm 0,02$ bar
- Der er anvendt en gennemsnitsvægt af flasker ved beregning af opsamlet vandvolumen, hvor vand og flaske er vejet sammen (Bilag 2, 3 og 4). Gennemsnitlig vægt 1 L flasker: 346 g og spredning 2 g. Gennemsnitlig vægt 2 L flasker: 462 g og spredning 12 g
- Det kan sætte sig luftbobler i silikoneslangen ved overgangen fra en teflonslange til en anden. Silikoneslange (og ikke en slangekobling) er brugt ved sammenkobling af teflonslanger (Figur 3-3).



Figur 3-3. Slangekobling (øverst) og silikoneslange (nederst)

4. anbefalinger

Det fremgår af de gennemførte test med sugeceller placeret i vand, at slangelængder på op til 100 m ikke giver en reduktion i volumen af opsamlet vand sammenlignet med slangelængder på 25 m.

På denne baggrund kan det forventes at der kan opsamles den samme mængde vand, som i de eksisterende sugecellefelter, ved placering af nye sugeceller i en afstand af op til 100 meter fra opsamlingsbrønd ved brug af samme flaskestørrelse (1 L) og startvakuum (-0,7 bar) som i dag.

Ved brug af 2 L flasker kan det forventes at der kan opsamles et ca. dobbelt så stort vandvolumen som ved anvendelse af 1 L flasker ved brug af et startvakuum på -0,7 bar. Brug af 2 L flasker i stedet for som i dag 1 L flasker, vil dog kræve brug af en større termoboks og dermed sandsynligvis en større opsamlingsbrønd.

Det anbefales ikke at sænke startvakuum til -0,85 bar, dels er gevinsten med hensyn til øget vandvolumen ikke så stort som ved at gå fra 1 L til 2 L flasker, dels er -0,85 bar netop vakuumpumpens kapacitet, hvorfor det må forventes at det vil være mere tidskrævende at opnå dette vakuum i prøvetagningsflaskerne, og endelig kan et vakuum på -0,85 bar påvirke jordkontakten i negativ retning (personlig kommentar Preben Jørgensen, PRENART).

5. Referencer

- /1/ Naturstyrelsen 2015. Udbudsbetingelser. Forundersøgelser og evt. etablering af nye sugecellefelter ved station 2 og 3 i LOOP 3 (Horndrup Bæk). 10-9-2015. Miljø- og Fødevarerministeriet.
- /2/ Naturstyrelsen 2015. Kravspecifikation. Forundersøgelser og evt. etablering af nye sugecellefelter ved station 2 og 3 i LOOP 3 (Horndrup Bæk). 10-9-2015. Miljø- og Fødevarerministeriet.
- /3/ Blicher-Mathiesen, G. & Hansen, B.G. 2013. Notat: Koncept for etablering af ny station i LOOP. AU & GEUS 23. maj 2013.
- /4/ Grant, R. 2013. Teknisk anvisning for prøvetagning af jordvand i landovervågningsoplandene. TA. nr.: L-01. Version: 2.1. Oprettet: 28.01.2011. Sidst ændret: 01.06.2013. Institut for Bioscience, Aarhus Universitet.
- /5/ Grant, R. & Blicher-Mathiesen, G. 1990. Udtagning af jordvandsprøver. Sugecellernes funktion. Landovervågningsprogram. Teknisk anvisning nr. DMU 2, 1990. Danmarks Miljøundersøgelser. Miljøministeriet.
- /6/ DGU 1989. LOOP3. Horndrup Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande. Intern rapport nr. 51 1989. Danmarks Geologiske Undersøgelse. Miljøministeriet.
- /7/ Figur udarbejdet af Else N. Sørensen, Naturstyrelsen Kronjylland.

Bilag

Bilag 1. Lufttemperaturer ved Landbohøjskolen, København

Bilag 2. Test 1 – Variation i sugecellers opsamlingskapacitet

Bilag 3. Test 2 – I vand

Bilag 4. Test 3 – I jord

Bilag 1. Lufttemperaturer ved Landbohøjskolen, København

Lufttemperatur (°C)

Uge	Middel	Middel Min.	Middel Maks.	Abs. Min.	Abs. Maks.	Døgn med frost	Periode
43	10,2	7,2	12,7	3,7	14,5	0	19/10-2015 - 25/10-2015
44	9,4	7,1	12,3	3,5	13,9	0	26/10-2015 - 1/11-2015
45	10,0	8,4	11,8	4,8	15,3	0	2/11-2015 - 8/11-2015
Middel:	9,9	7,6	12,3	4,0	14,6	0	

Målestation: Landbohøjskolen, København

Forklaring:

Lufttemperatur - grader celsius (°C)

Middel: gennemsnit for perioden (1 uge eller 3 uger)

Middel Minimum: gennemsnit af de laveste døgnværdier for perioden

Middel Maksimum: gennemsnit af de højeste døgnværdier for perioden

Abs. Minimum: laveste registrerede øjebliksværdi indenfor perioden

Abs. Maksimum: højeste registrerede øjebliksværdi indenfor perioden

Døgn med frost: antal døgn, hvor minimumstemperaturen har været under 0 grad

Kilde:

DMI. Vejr og klimadata. Ugeoversigt (www.dmi.dk)

Bilag 2. Test 1 – Variation i sugecellers opsamlingskapacitet

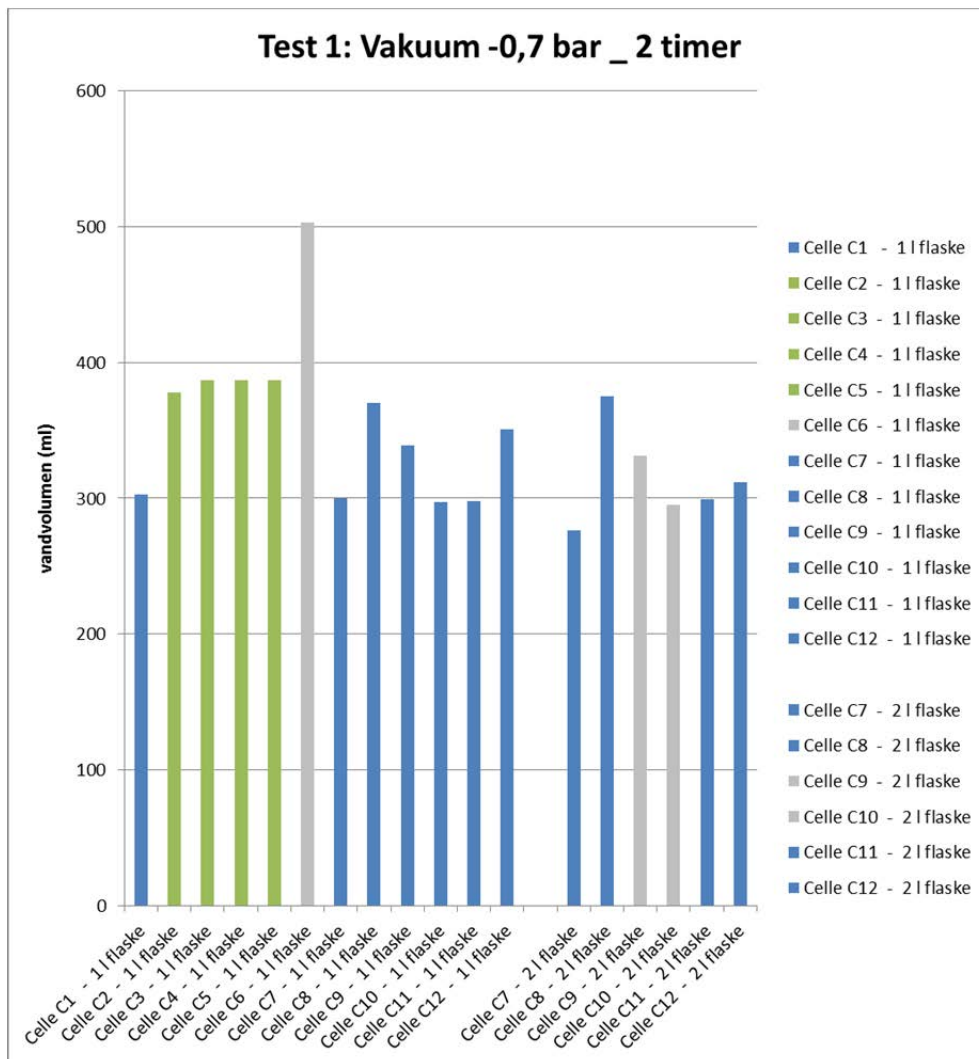
Test af 12 sugeceller. Data for opsamlet vandvolumen og restvakuum efter 2 time med et startvakuum på -0,7 bar. 6 sugeceller er testet både med 1 L og 2 L flasker.

Dato: 20-10-2015	1 liter flasker					
Celle nr.:	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Flaske nr.:	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Start tid	13:09:00	13:10:00	13:10:30	13:11:00	13:11:30	13:12:00
Start vakuum (bar):	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Slut tid	15:09:00	15:10:00	15:10:30	15:11:00	15:12:00	15:13:00
Rest vakuum (bar):	-0,54	-0,48	-0,50	-0,50	-0,50	-0,40
Vand + flaske (gram):	650	725	733	720	732	850
Vægt flaske (gram)	347	347	346	342	345	347
Vandvolumen (ml):	303	378	387	378	387	503
Dato: 20-10-2015	2 liter flasker					
Celle nr.:	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Flaske nr.:	F7	F8	F9	F10	F11	F12
Start tid	13:12:30	13:13:00	13:14:00	13:16:00	13:16:30	13:17:30
Start vakuum (bar):	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Slut tid	15:14:00	15:15:00	15:16:00	15:17:00	15:18:00	15:19:00
Rest vakuum (bar):	-0,62	-0,62	-0,59	-0,63	-0,62	-0,60
Vand + flaske (gram):	722	849	801	768	739	785
Vægt flaske (gram)	446	474	470	473	440	473
Vandvolumen (ml):	276	375	331	295	299	312
Dato: 21-10-2015	1 liter flasker					
Celle nr.:	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Flaske nr.:	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Start tid	08:25:00	08:26:30	08:26:00	08:27:30	08:28:00	08:28:30
Start vakuum (bar):	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Slut tid	10:25:00	10:26:00	10:27:00	10:28:00	10:29:00	10:30:00
Rest vakuum (bar):	-0,54	-0,52	-0,51	-0,55	-0,56	-0,53
Vand + flaske (gram):	647	717	685	639	643	698
Vægt flaske (gram)	347	347	346	342	345	347
Vandvolumen (ml):	300	370	339	297	298	351
	Vandvolumen:					
	Middel		389	315	326	
	Standardafvigelse		59	32	29	

Forskel i opsamlet vandvolumen ved anvendelse af 1 L og 2 L flasker (i ml)

Celle	Vol-1L	Vol-2L	Diff
C7	276	300	-24
C8	375	370	5
C9	331	339	-8
C10	295	297	-2
C11	299	298	1
C12	312	351	-39

Nedenstående figur viser vandvolumen som funktion af cellenummer og flaskestørrelse ved Test 1: Test af opsamlet vandvolumen efter 2 timer /7/.

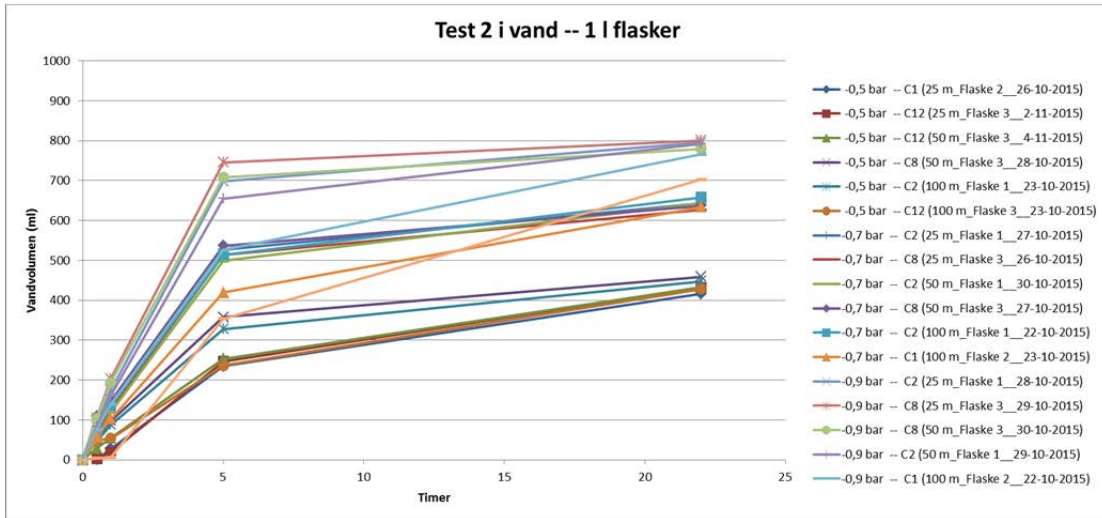


Bilag 3. Test 2 – I vand

Flaske volumen (l)	1	1	1	1	1	1
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum 1 - A	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Celle nr.:	1	12	12	8	2	12
Flaske nr.:	2	3	3	3	1	3
Start dato	26.10.15	2.11.15	4.11.15	28.10.15	23.10.15	3.11.15
Start tid	12:26	11:08	11:19	10:40	10:30	11:05
Start vakuum (bar)	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Tid (0,5 time)	13:08	11:37	11:48	11:11	11:02	11:37
Vand + flaske (gram):	347	349	375	398	394	395
Vandvolumen (ml)	1	3	29	52	48	49
Rest vakuum (bar)	-0,47	-0,49	-0,47	-0,48	-0,48	-0,47
Tid (1 time)	13:30	12:06	12:17	11:40	11:30	12:03
Vand + flaske (gram):	374	365	401	444	434	400
Vandvolumen (ml)	28	19	55	98	88	54
Rest vakuum (bar)	-0,44	-0,44	-0,44	-0,42	-0,42	-0,43
Tid (5 timer)	17:18	16:05	16:27	15:41	15:36	16:04
Vand + flaske (gram):	581	593	599	704	674	582
Vandvolumen (ml)	235	247	253	358	328	236
Rest vakuum (bar)	-0,29	-0,29	-0,31	-0,31	-0,23	-0,3
Tid (22 timer)	10:28	09:09	09:18	08:40	08:29	09:04
Vand + flaske (gram):	762	778	779	804	794	774
Vandvolumen (ml)	416	432	433	458	448	428
Rest vakuum (bar)	-0,09	-0,09	-0,1	-0,09	-0,09	-0,1

Flaske volumen (l)	1	1	1	1	1	1
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum 2 - B	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Celle nr.:	2	8	2	8	2	1
Flaske nr.:	1	3	1	3	1	2
Start dato	27.10.15	26.10.15	30.10.15	27.10.15	22.10.15	23.10.15
Start tid	11:55	12:28	10:58	11:56	11:50	10:32
Start vakuum (bar)	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Tid (0,5 time)	12:25	13:09	11:28	12:26	12:20	11:03
Vand + flaske (gram):	420	413	397	455	419	404
Vandvolumen (ml)	74	67	51	109	73	58
Rest vakuum (bar)	-0,64	-0,62	-0,65	-0,63	-0,68	-0,67
Tid (1 time)	12:55	13:31	12:00	12:56	12:49	11:31
Vand + flaske (gram):	489	475	466	494	483	449
Vandvolumen (ml)	143	129	120	148	137	103
Rest vakuum (bar)	-0,6	-0,59	-0,62	-0,6	-0,62	-0,63
Tid (5 timer)	16:56	17:19	16:00	16:58	16:50	15:37
Vand + flaske (gram):	873	860	845	883	860	765
Vandvolumen (ml)	527	514	499	537	514	419
Rest vakuum (bar)	-0,3	-0,25	-0,33	-0,28	-0,33	-0,31
Tid (22 timer)	09:51	10:26	08:58	09:52	09:50	08:30
Vand + flaske (gram):	990	973	989	983	1004	980
Vandvolumen (ml)	644	627	643	637	658	634
Rest vakuum (bar)	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,09	-0,1

Flaske volumen (l)	1	1	1	1	1	1
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum 3 - C	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
Celle nr.:	2	8	8	2	1	2
Flaske nr.:	1	3	3	1	2	1
Start dato	28.10.15	29.10.15	30.10.15	29.10.15	22.10.15	26.10.15
Start tid	10:42	10:18	10:59	10:20	11:51	12:29
Start vakuum (bar)	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
Tid (0,5 time)	11:12	10:50	11:29	10:51	12:21	13:07
Vand + flaske (gram):	436	451	450	430	422	350
Vandvolumen (ml)	90	105	104	84	76	4
Rest vakuum (bar)	-0,8	-0,79	-0,79	-0,8	-0,8	-0,76
Tid (1 time)	11:41	11:21	12:01	11:22	12:50	13:33
Vand + flaske (gram):	521	550	540	508	485	352
Vandvolumen (ml)	175	204	194	162	139	6
Rest vakuum (bar)	-0,78	-0,76	-0,76	-0,78	-0,78	-0,73
Tid (5 timer)	15:42	15:20	16:02	15:21	16:51	17:20
Vand + flaske (gram):	1044	1092	1054	1001	872	700
Vandvolumen (ml)	698	746	708	655	526	354
Rest vakuum (bar)	-0,37	-0,39	-0,32	-0,42	-0,55	-0,55
Tid (22 timer)	08:41	08:19	08:59	08:20	09:55	10:27
Vand + flaske (gram):	1141	1147	1125	1138	1112	1049
Vandvolumen (ml)	795	801	779	792	766	703
Rest vakuum (bar)	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,1	-0,09

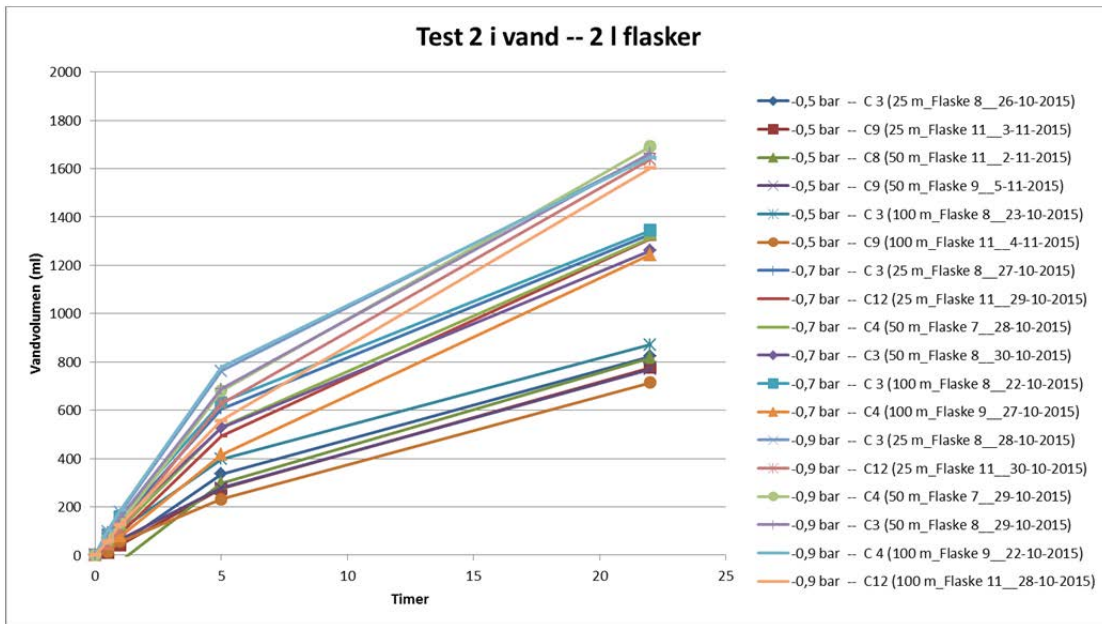


Figur fra /7/

Flaske volumen (l)	2	2	2	2	2	2
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum 1 - A	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Celle nr.:	3	9	8	9	3	9
Flaske nr.:	8	11	11	9	8	11
Start dato	26.10.15	3.11.15	2.11.15	5.11.15	23.10.15	4.11.15
Start tid	12:32	11:06	11:09	10:49	10:33	11:21
Start vakuum (bar)	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Tid (0,5 time)	13:11	11:38	11:38	11:17	11:04	11:49
Vand + flaske (gram):	474	472	434	498	527	476
Vandvolumen (ml)	12	10	-28	36	65	14
Rest vakuum (bar)	-0,47	-0,49	-0,49	-0,48	-0,46	-0,48
Tid (1 time)	13:34	12:04	12:07	11:48	11:32	12:17
Vand + flaske (gram):	510	505	436	527	566	518
Vandvolumen (ml)	48	43	-26	65	104	56
Rest vakuum (bar)	-0,44	-0,46	-0,45	-0,46	-0,45	-0,48
Tid (5 timer)	17:21	16:05	16:06	15:47	15:39	16:27
Vand + flaske (gram):	798	738	760	741	860	694
Vandvolumen (ml)	336	276	298	279	398	232
Rest vakuum (bar)	-0,35	-0,38	-0,36	-0,39	-0,37	-0,41
Tid (22 timer)	10:27	09:05	09:08	08:48	08:31	09:19
Vand + flaske (gram):	1286	1238	1279	1233	1333	1177
Vandvolumen (ml)	824	776	817	771	871	715
Rest vakuum (bar)	-0,1	-0,19	-0,11	-0,18	-0,11	-0,21

Flaske volumen (l)	2	2	2	2	2	2
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum 2 - B	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Celle nr.:	3	12	4	3	3	4
Flaske nr.:	8	11	7	8	8	9
Start dato	27.10.15	29.10.15	28.10.15	30.10.15	22.10.15	27.10.15
Start tid	11:57	10:22	10:43	11:01	11:52	11:59
Start vakuum (bar)	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Tid (0,5 time)	12:27	10:52	11:13	11:30	12:22	12:28
Vand + flaske (gram):	543	503	506	533	548	510
Vandvolumen (ml)	81	41	44	71	86	48
Rest vakuum (bar)	-0,68	-0,68	-0,68	-0,66	-0,68	-0,68
Tid (1 time)	12:57	11:23	11:43	12:02	12:51	12:58
Vand + flaske (gram):	602	553	569	599	622	541
Vandvolumen (ml)	140	91	107	137	160	79
Rest vakuum (bar)	-0,64	-0,65	-0,65	-0,64	-0,64	-0,66
Tid (5 timer)	16:59	15:22	15:43	16:04	16:52	17:00
Vand + flaske (gram):	1068	956	993	990	1095	878
Vandvolumen (ml)	606	494	531	528	633	416
Rest vakuum (bar)	-0,54	-0,57	-0,54	-0,54	-0,52	-0,58
Tid (22 timer)	09:53	8,21	10:42	09:04	09:51	09:54
Vand + flaske (gram):	1789	1771	1774	1723	1807	1706
Vandvolumen (ml)	1327	1309	1312	1261	1345	1244
Rest vakuum (bar)	-0,11	-0,16	-0,12	-0,11	-0,1	-0,18

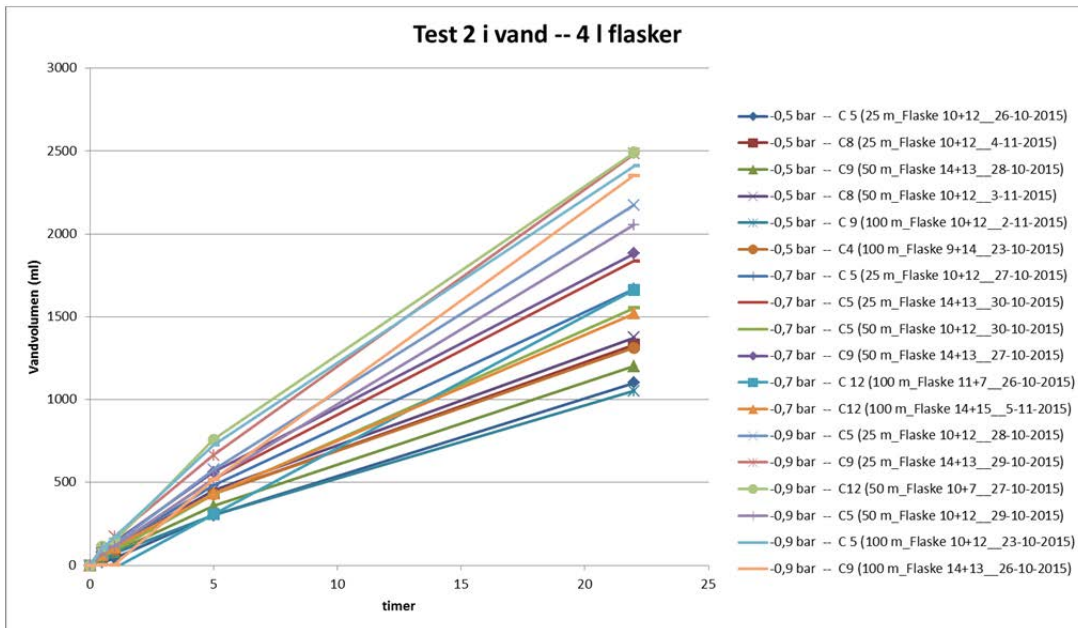
Flaske volumen (l)	2	2	2	2	2	2
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum 3 - C	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
Celle nr.:	3	12	4	3	4	12
Flaske nr.:	8	11	7	8	9	11
Start dato	28.10.15	30.10.15	29.10.15	29.10.15	22.10.15	28.10.15
Start tid	10:45	11:02	10:24	10:26	11:54	10:47
Start vakuum (bar)	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
Tid (0,5 time)	11:15	11:31	10:53	10:54	12:23	11:13
Vand + flaske (gram):	560	504	531	556	564	520
Vandvolumen (ml)	98	42	69	94	102	58
Rest vakuum (bar)	-0,81	-0,81	-0,82	-0,82	-0,81	-0,81
Tid (1 time)	11:45	12:03	11:23	11:24	12:52	11:48
Vand + flaske (gram):	639	570	596	619	649	589
Vandvolumen (ml)	177	108	134	157	187	127
Rest vakuum (bar)	-0,8	-0,8	-0,81	-0,8	-0,8	-0,81
Tid (5 timer)	15:44	16:05	15:23	15:24	16:53	15:45
Vand + flaske (gram):	1224	1089	1142	1150	1242	1020
Vandvolumen (ml)	762	627	680	688	780	558
Rest vakuum (bar)	-0,7	-0,72	-0,74	-0,72	-0,7	-0,72
Tid (22 timer)	08:43	09:00	08:22	08:23	09:52	09:44
Vand + flaske (gram):	2120	2100	2155	2125	2110	2065
Vandvolumen (ml)	1658	1638	1693	1663	1648	1603
Rest vakuum (bar)	-0,1	-0,12	-0,1	-0,1	-0,1	-0,19



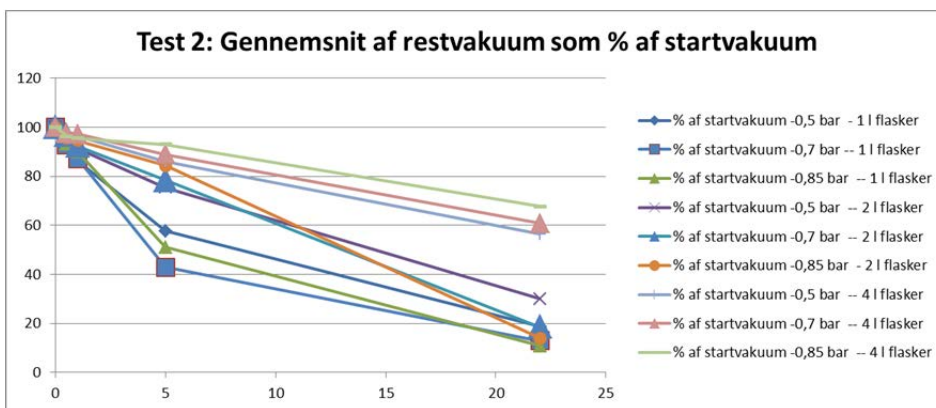
Figur fra /7/

Flaske volumen (l)	4	4	4	4	4	4
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum 1 - A	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Celle nr.:	5	8	9	8	9	4
Flaske nr.:	10+12	10+12	14+13	10+12	10+12	9+14
Start dato	26.10.15	4.11.15	28.10.15	3.11.15	2.11.15	23.10.15
Start tid	12:34	11:22	10:48	11:08	11:10	10:35
Start vakuum (bar)	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Tid (0,5 time)	13:13	11:49	11:16	11:39	11:39	11:05
Vand + flaske (gram):	481	515	502	529	503	524
Vandvolumen (ml)	19	53	40	67	41	62
Rest vakuum (bar)	-0,49	-0,48	-0,49	-0,5	-0,49	-0,48
Tid (1 time)	13:35	12:18	11:46	12:05	12:08	11:33
Vand + flaske (gram):	504	553	541	569	534	558
Vandvolumen (ml)	42	91	79	107	72	96
Rest vakuum (bar)	-0,49	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48
Tid (5 timer)	17:24	16:28	15:46	16:06	16:07	15:40
Vand + flaske (gram):	763	894	819	916	766	891
Vandvolumen (ml)	301	432	357	454	304	429
Rest vakuum (bar)	-0,45	-0,43	-0,42	-0,42	-0,44	-0,42
Tid (22 timer)	10:31	09:20	10:45	09:06	09:09	08:32
Vand + flaske (gram):	1563	1793	1663	1837	1514	1775
Vandvolumen (ml)	1101	1331	1201	1375	1052	1313
Rest vakuum (bar)	-0,3	-0,26	-0,29	-0,25	-0,31	-0,27

Flaske volumen (l)	4	4	4	4	4	4
Slange længde (m)	25	25	50	50	100	100
Start vakuum 2 - B	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Celle nr.:	5	5	5	9	12	12
Flaske nr.:	10+12	14+13	10+12	14+13	11+7	14+13
Start dato	27.10.15	30.10.15	30.10.15	27.10.15	26.10.15	5.11.15
Start tid	12:01	11:06	11:04	12:02	12:35	10:51
Start vakuum (bar)	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Tid (0,5 time)	12:29	11:34	11:33	12:30	13:14	11:18
Vand + flaske (gram):	529	508	508	542	450	524
Vandvolumen (ml)	67	46	46	80	-12	62
Rest vakuum (bar)	-0,68	-0,68	-0,69	-0,68	-0,67	-0,69
Tid (1 time)	12:59	12:05	12:04	13:00	13:36	11:49
Vand + flaske (gram):	581	576	552	604	446	571
Vandvolumen (ml)	119	114	90	142	-16	109
Rest vakuum (bar)	-0,68	-0,68	0,69	-0,68	-0,67	-0,68
Tid (5 timer)	17:01	16:06	16:05	17:02	17:25	15:47
Vand + flaske (gram):	945	983	887	1025	771	893
Vandvolumen (ml)	483	521	425	563	309	431
Rest vakuum (bar)	-0,62	-0,62	-0,64	-0,61	-0,6	-0,64
Tid (22 timer)	09:55	09:02	09:01	09:57	10:32	08:49
Vand + flaske (gram):	2150	2300	2015	2345	2125	1981
Vandvolumen (ml)	1688	1838	1553	1883	1663	1519
Rest vakuum (bar)	-0,45	-0,42	-0,5	-0,4	-0,4	-0,38



Figur fra /7/

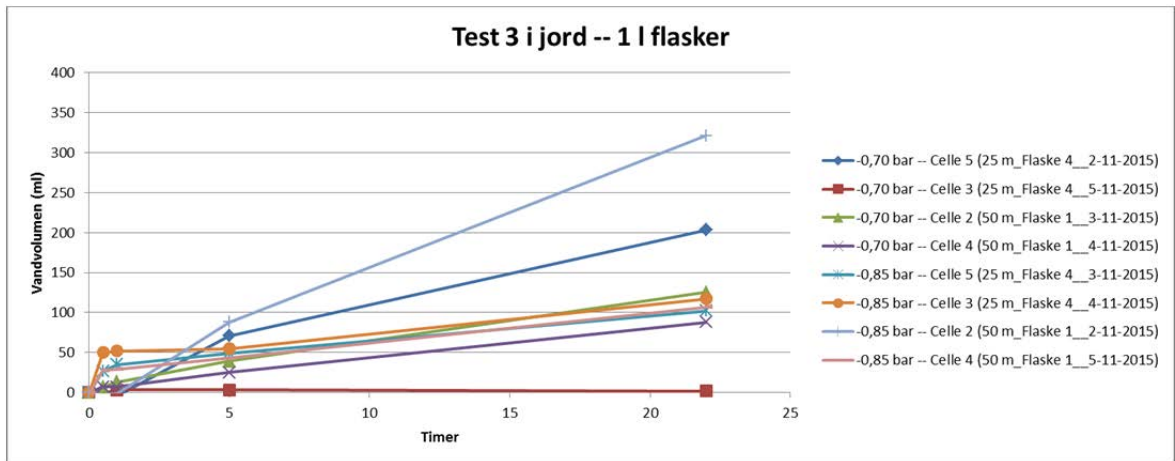


Figur fra /7/

Bilag 4. Test 3 – I jord

Flaske volumen (l)	1	1	1	1
Slange længde (m)	25	25	50	50
Start vakuum 2 - A	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Celle nr.:	5	3	2	4
Flaske nr.:	4	4	1	1
Start dato	2.11.15	5.11.15	3.11.15	4.11.15
Start tid	11:03	10:45	11:00	11:15
Start vakuum (bar)	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Tid (0,5 time)	11:34	11:15	11:33	11:45
Vand + flaske (gram):	345	345	353	353
Vandvolumen (ml)	-1	-1	7	7
Rest vakuum (bar)	-0,68	-0,67	-0,69	-0,68
Tid (1 time)	12:04	11:45	12:00	12:15
Vand + flaske (gram):	342	349	359	353
Vandvolumen (ml)	-4	3	13	7
Rest vakuum (bar)	-0,66	-0,65	-0,66	-0,67
Tid (5 timer)	16:01	15:45	16:00	16:24
Vand + flaske (gram):	417	349	385	371
Vandvolumen (ml)	71	3	39	25
Rest vakuum (bar)	-0,61	-0,63	-0,65	-0,65
Tid (22 timer)	09:03	08:45	09:00	09:15
Vand + flaske (gram):	549	348	471	434
Vandvolumen (ml)	203	2	125	88
Rest vakuum (bar)	-0,52	-0,6	-0,59	-0,6

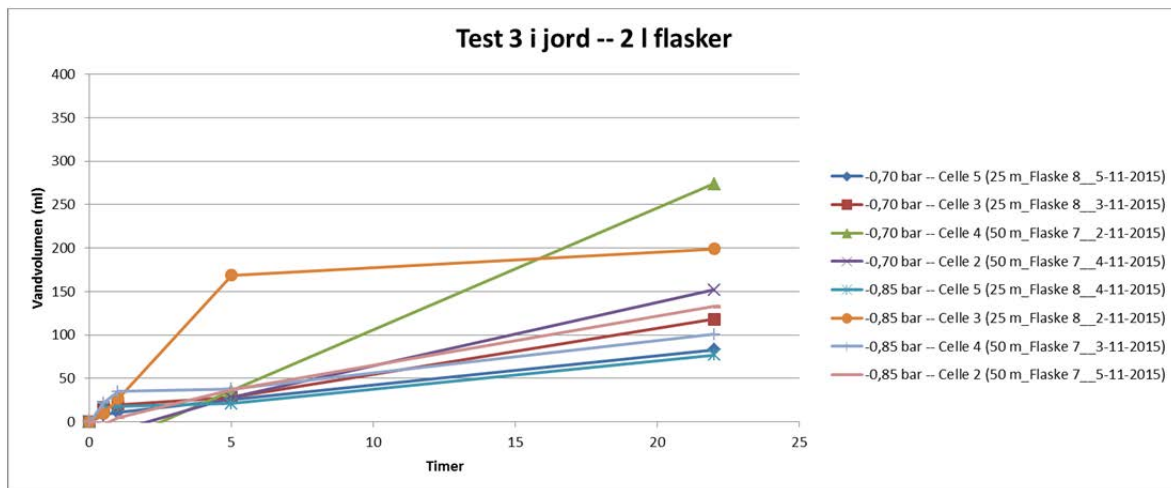
Flaske volumen (l)	1	1	1	1
Slange længde (m)	25	25	50	50
Start vakuum 3 - B	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
Celle nr.:	5	3	2	4
Flaske nr.:	4	4	1	1
Start dato	3.11.15	4.11.15	2.11.15	5.11.15
Start tid	11:01	11:16	11:04	10:46
Start vakuum (bar)	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
Tid (0,5 time)	11:34	11:46	11:35	11:15
Vand + flaske (gram):	373	396	343	374
Vandvolumen (ml)	27	50	-3	28
Rest vakuum (bar)	-0,81	-0,82	-0,82	-0,82
Tid (1 time)	12:01	12:16	12:04	11:46
Vand + flaske (gram):	381	398	345	375
Vandvolumen (ml)	35	52	-1	29
Rest vakuum (bar)	-0,79	-0,81	-0,8	-0,81
Tid (5 timer)	16:01	16:25	16:02	15:45
Vand + flaske (gram):	395	401	434	389
Vandvolumen (ml)	49	55	88	43
Rest vakuum (bar)	-0,78	-0,8	-0,78	-0,79
Tid (22 timer)	09:01	09:16	09:04	08:15
Vand + flaske (gram):	448	463	667	453
Vandvolumen (ml)	102	117	321	107
Rest vakuum (bar)	-0,72	-0,62	-0,63	-0,72



Figur fra /7/

Flaske volumen (l)	2	2	2	2
Slange længde (m)	25	25	50	50
Start vakuum 2 - A	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Celle nr.:	5	3	4	2
Flaske nr.:	8	8	7	7
Start dato	5.11.15	3.11.15	2.11.15	4.11.15
Start tid	10:47	11:02	11:05	11:17
Start vakuum (bar)	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Tid (0,5 time)	11:16	11:35	11:36	11:47
Vand + flaske (gram):	470	479	443	448
Vandvolumen (ml)	8	17	-19	-14
Rest vakuum (bar)	-0,7	-0,65	-0,68	-0,69
Tid (1 time)	11:47	12:02	12:06	12:16
Vand + flaske (gram):	473	482	440	452
Vandvolumen (ml)	11	20	-22	-10
Rest vakuum (bar)	-0,69	-0,61	-0,67	-0,68
Tid (5 timer)	15:46	16:02	16:03	16:26
Vand + flaske (gram):	488	490	498	490
Vandvolumen (ml)	26	28	36	28
Rest vakuum (bar)	-0,68	-0,5	-0,65	-0,67
Tid (22 timer)	08:46	09:02	09:05	09:17
Vand + flaske (gram):	545	580	736	614
Vandvolumen (ml)	83	118	274	152
Rest vakuum (bar)	-0,65	-0,47	-0,57	-0,62

Flaske volumen (l)	2	2	2	2
Slange længde (m)	25	25	50	50
Start vakuum 3 - B	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
Celle nr.:	5	3	4	2
Flaske nr.:	8	8	7	7
Start dato	4.11.15	2.11.15	3.11.15	5.11.15
Start tid	11:18	11:07	11:04	10:48
Start vakuum (bar)	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
Tid (0,5 time)	11:47	11:36	11:36	11:17
Vand + flaske (gram):	479	472	484	459
Vandvolumen (ml)	17	10	22	-3
Rest vakuum (bar)	-0,82	-0,82	-0,82	-0,84
Tid (1 time)	12:16	12:05	12:02	11:47
Vand + flaske (gram):	480	489	497	467
Vandvolumen (ml)	18	27	35	5
Rest vakuum (bar)	-0,81	-0,81	-0,79	-0,84
Tid (5 timer)	16:26	16:04	16:03	15:46
Vand + flaske (gram):	483	631	500	499
Vandvolumen (ml)	21	169	38	37
Rest vakuum (bar)	-0,82	-0,69	-0,76	-0,81
Tid (22 timer)	09:18	09:06	09:03	08:47
Vand + flaske (gram):	539	661	563	595
Vandvolumen (ml)	77	199	101	133
Rest vakuum (bar)	-0,79	-0,14	-0,72	-0,78



Figur fra /7/