

# Grundvandsovervågning ved LI. Torup gaslager (II)

Forundersøgelse af overvågningsboringer

Troels Laier



# **Grundvandsovervågning ved LI. Torup gaslager (II)**

Forundersøgelse af overvågningsboringer

Troels Laier

## Resumé

To nye boringer ved gaslageret ved Ll. Torup er undersøgt med henblik på at vurdere deres egnethed som overvågningsboringer for tidlig varsling af eventuel mindre lækage fra lageret i den underliggende salthorst. Boringerne, der har DGU numrene 47.1015 og 47.1016 er henholdsvis 34 og 22 m dybe. Hver boring er filtersat med et 10 m filter i toppen af kalklagene, der ligger over salthorsten.

Methanindholdet i grundvandet er meget lavt under 0,002 mg/l, der er detektionsgræsen for den anvendte analysemetode. På grund af et ikke ubetydeligt indhold af ilt og nitrat i grundvandet vil et eventuelt gasudslip kun kunne spores indirekte, fordi metan vil reagere hermed via mikrobiologiske processer.

Boringernes tekniske specifikationer efterlader tvivl om filteret i kalken er afpærret effektivt fra sandlagene over kalken, eller om der er hydraulisk kontakt med disse. Rapporten anbefaler at dette forhold kontrolleres for at afklare, hvor grundvandet, der indgår i overvågningen, stammer fra. Hvis resultaterne af denne kontrol medfører beslutning om at lade udføre erstatningsboringer, anbefales det at filteret i sættes noget dybere i kalken.

## Indholdsfortegnelse

Resumé .....	1
Baggrund og formål.....	3
Geologiske og hydrogeologiske forhold .....	9
Hydrokemiske forhold.....	9
Grundvandets alder bestemt ved CFC metoden .....	12
Vurdering af boringernes egnethed mht. overvågning.....	16
Anbefalinger .....	18
Referencer .....	18
Bilag 1. Boreskitser af nye overvågningsboringer .....	19

## Baggrund og formål

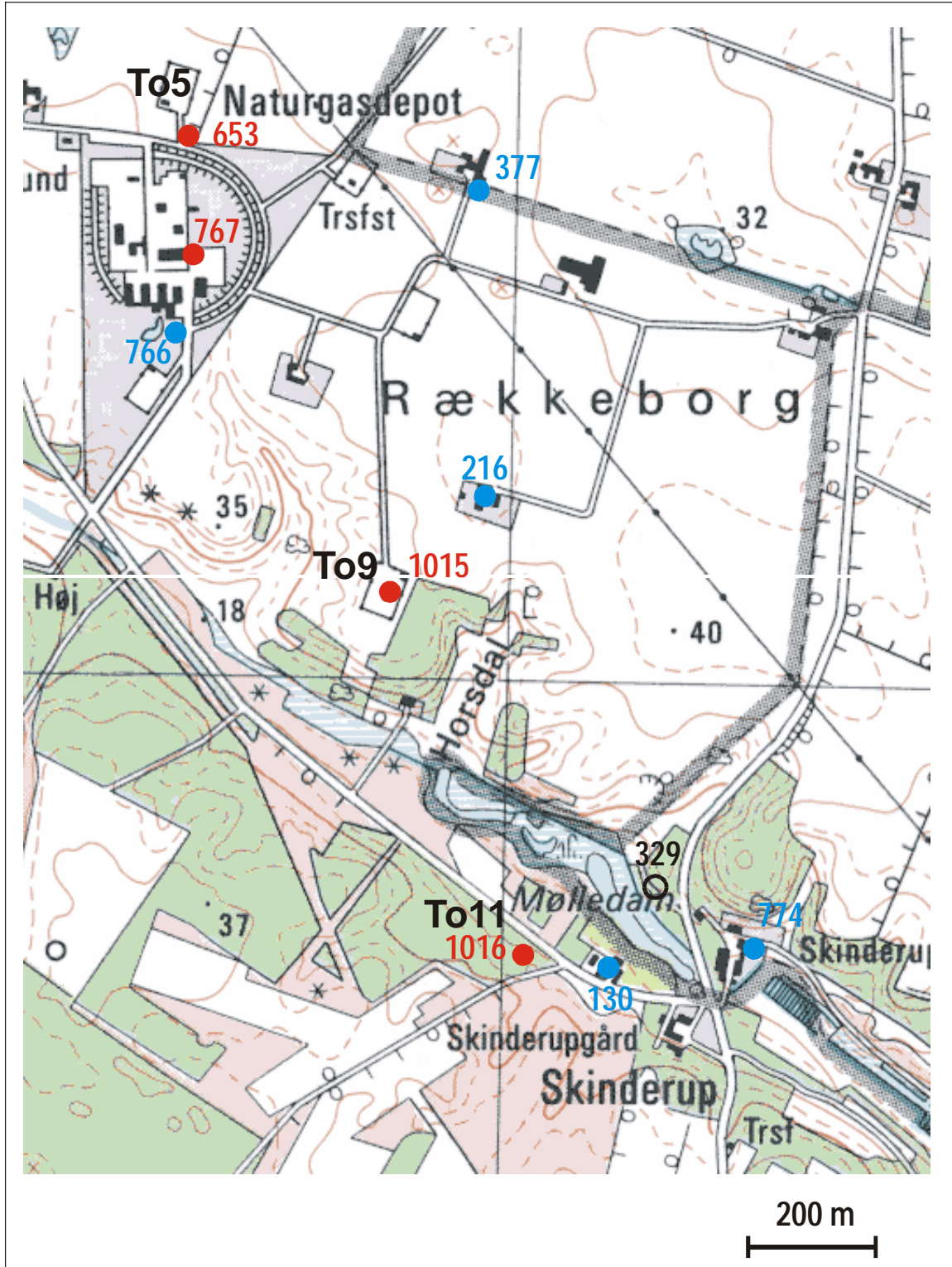
Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) foretog for halvandet år siden på anmodning fra Dansk Olie- og Naturgas A/S (DONG) en undersøgelse af 7 vandforsyningsboringer for at dokumentere om de var egnede til overvågning af grundvandet over gaslageret ved Ll. Thorup. Formålet med overvågningen skulle være tidlig varsling af en eventuel mindre lækage fra gaslageret, der omfatter 7 kaverner i Tostrup salthorsten.

Konklusionen på undersøgelsen var, at kun 2 af de 7 boringer var velegnede til formålet /1/. De øvrige 5 boringer var mindre egnede fordi grundvandet i de pågældende boringer indeholdt ilt og nitrat, der ville reagere med eventuelt udsivende gas. Methan omsættes relativt hurtigt når grundvandet indeholder ilt og nitrat og kan derfor kun spores indirekte via et fald i ilt og nitrat koncentrationerne samt forhøjede bikarbonat indhold. Da grundvandets naturlige indhold af bikarbonat varierer end del skal der et betydeligt gasudslip til før man med sikkerhed kan afgøre om der er tale om et gasudslip

GEUS anbefalede at der blev etableret 2 nye overvågningsboringer, og at disse blev ført ned til kalklagene, hvor grundvandet formodedes at være fri for ilt og nitrat. DONG lod udføre 2 overvågningsboringer i oktober måned i år, og anmodede GEUS om at undersøge grundvandets kemiske forhold omkring de to boringer. Boringernes tekniske specifikationer er vist i Bilag 1. Boringerne, der er placeret tæt ved to af de dybe boringer To9 og To11, har begge et 10 m filter i kalken. Diameteren er 63 mm, og boringerne kan derfor relativt hurtigt renpumpes med en MP1 pumpe.

GEUS har foretaget undersøgelse af grundvandet fra de 2 nye overvågningsboringer (DGU nr. 47.1015 og 47.1016), og på den baggrund vurderet deres egnethed som overvågningsboringer. Der blev også udtaget prøver fra de to boringer (DGU nr. 47.653 og 47.767), som blev fundet velegnede ved første undersøgelse, og resultaterne af de kemiske analyser fra begge undersøgelser er vist og kommenteret i denne rapport.

De undersøgte boringers placering er vist på kortet, figur 1.



Figur 1. Boringer undersøgt med henblik på eventuel overvågning af Ll. Torup gaslager. Undersøgelsen i oktober i år omfatter de med rødt markerede boringer. De med blå markerede boringer blev undersøgt i april 2000, og fundet mindre velegnede /1/.

## Feltundersøgelser

De fire undersøgte bornings placering i forhold til gaslageret er vist på figur 1. Feltundersøgelserne blev gennemført den 25. oktober 2001 og forholdene omkring prøvetagningen for de enkelte bornings vedkommende fremgår af figur 2-4. Boringen inde på det afspærrede gaslager areal (figur 2) anvendes til almindelig vandforsyning, og er hyppigt i brug. Der er derfor ingen problemer med udtagning af repræsentative prøver fra denne boring.



*Figur 2.  
Boring DGU nr. 47.767  
beliggende centralt på  
gaslager området.  
Råvandshane er forsynet  
med 1/2" gevind.  
En eller flere haner i  
administrationsbygningen  
åbnes for at sikre, at  
pumpen arbejder mens  
der udtages prøver.*



Boringen ved To5 (figur 3) nord for det afpærrede areal anvendes til mere tekniske formål og kræver derfor renpumpning i minimum 20 minutter før prøverne udtages. Undersøgelserne ved de to vandsforsyningsboringer omfattede udtagning af vandprøver for analyser af makroioner, samt forseglede prøver for methananalyse. Der blev ikke foretaget feltanalyser for pH, redox-forhold, ilt og ledningsevne, fordi feltudstyret var til reparation. Det anbefales dog, at feltanalyser foretages rutinemæssigt ved fremtidige undersøgelser.

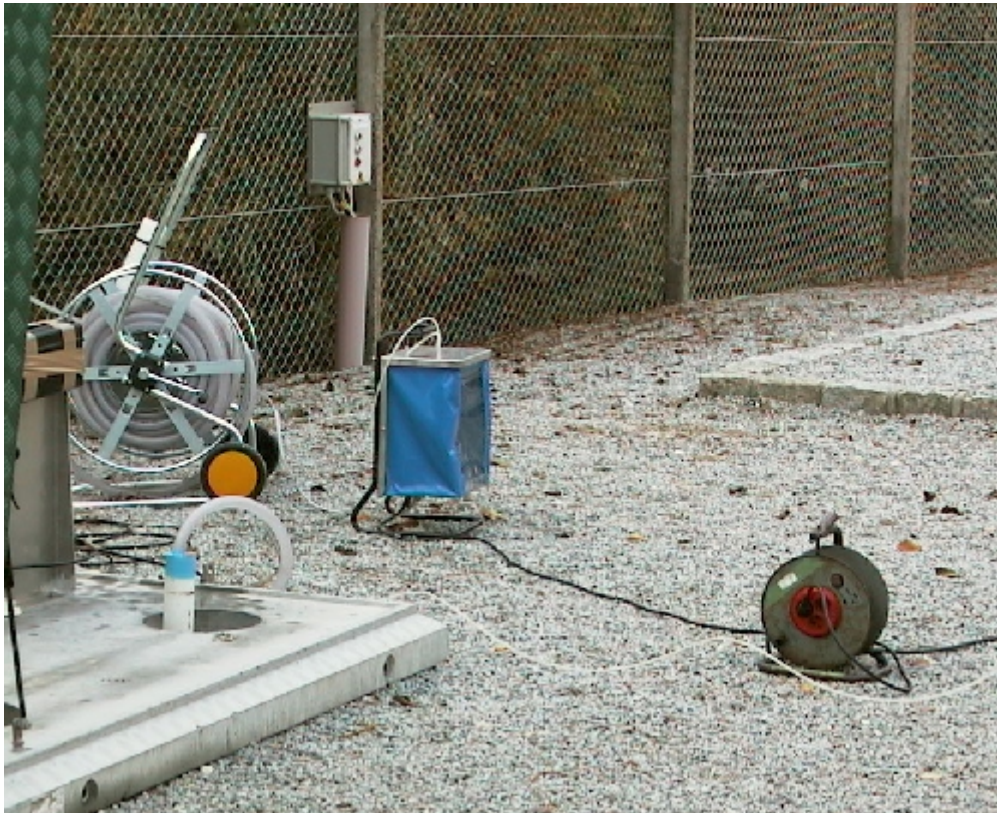
*Figur 3.  
Boring DGU nr. 47.653 beliggende  
godt 50 m fra To5.  
Råvandshane er forsynet med 3/4"  
gevind.  
En eller flere haner i lagerbygning  
syd for boring 47.767 åbnes, og  
prøver udtages 20 minutter herefter.  
Det kontrolleres at pumpen arbejder  
mens prøverne udtages.*





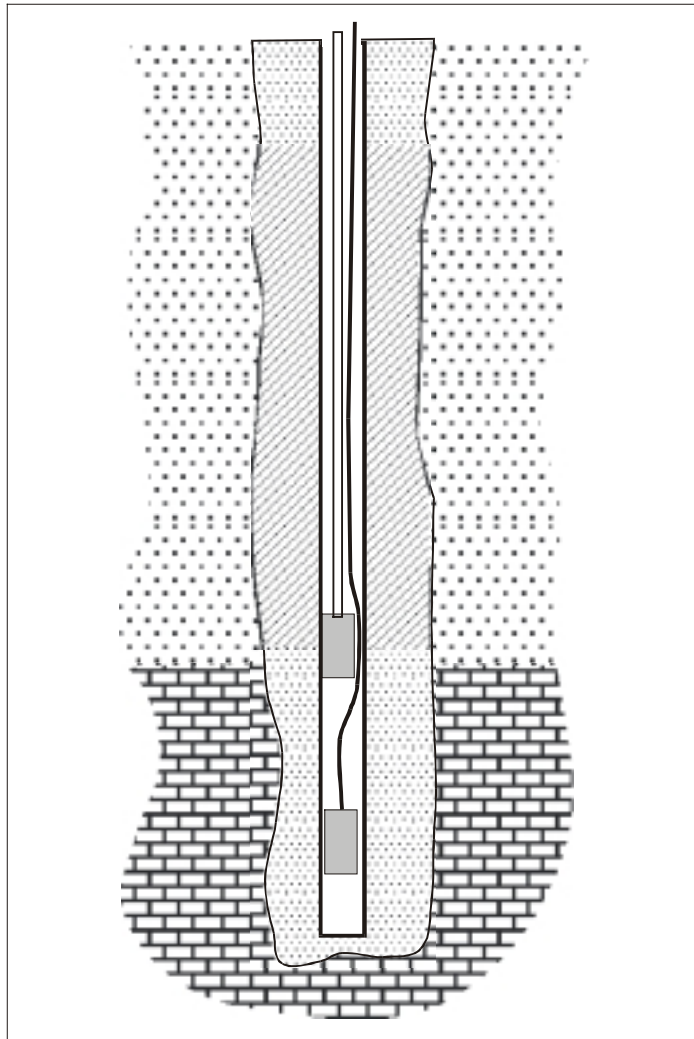
Der er ikke installeret fast pumpe i de to nyetablerede monitoringsboringer, derfor foretages pumpning med mobil MP1 pumpe (figur 4). Efter at transducer og datalogger for monitoring af grundvandspejlet var taget op af boringen blev dybden til vandspejlet målt og MP1 pumpen nedsænket til en meter over top af filter. Boringen blev renpumpet i 30 minutter, hvorefter der blev anbragt et T-stykke på afgang for udtagning af prøver fra en mindre delstrøm. Foruden prøver til makroion- og methananalyse, blev der også udtaget prøver for CFC analyse med henblik på at bestemme alderen af grundvandet. Sidstnævnte prøver opbevaredes i tilmeltede glasampuller.

Dybden til vandspejl blev også målt under renpumpning, og det viste sig grundvandspejlet kun sænkedes 4 cm ved den ydelse som MP1 pumpen kunne præstere.



*Figur 4. Overvågningsboring DGU nr. 47.1016 placeret ca. 20 m fra To11. MP1 pumpe er nedsænket til ca. 1 m over top af filter. Prøverne udtages efter 1/2 times renpumpning. T-stykke påmonteret på afgang for udtagning af småprøver. Forholdene ved boring 47.1015 ca. 15 m fra To9 var de samme.*

CFC-analyserne af prøverne udtaget den 25. oktober 2001 fra overvågningsboring 47.1015 ved To9 tydede på at der trængte atmosfærisk luft ned til filteret muligvis pga. lækage. Derfor blev der den 31. oktober igen udtaget prøver fra denne boring. For at kontrollere om luftindtrængning var et kortvarigt fænomen blev boringen renpumpet i længere tid (5 timer) før de første prøver til makroioner, methan og CFC blev udtaget. Herefter blev pumpen trukket op og der anbragtes to MP1 pumper i boringen for udtagning af niveaubestemte prøver, se figur 5.



*Figur 5. Udtagning af vandprøver fra flere niveauer fra boring DGU nr. 47.1015 ved To9. De to MP1 pumper var placeret i henholdsvis 19 og 29 m. Filteret 23 - 33 m står i kalken.*

Den øverste pumpe producerede med samme ydelse som før (ikke målt), mens ydelsen fra nederste boring var væsentlig mindre, ca. 0,4 l/min. Nederste pumpe var tilkøbet 6 mm nylon slange, der var udbagt i vakuum-ovn for at undgå afsmitning. Afsmitning vil generelt være et større problem

ved lavere pumpeydeler. Nylonslangens diameter var den størst mulige i betragtning af at boringens indre diameter kun er 58 mm og MP1 pumpens diameter er 50 mm.

Feltmålingerne tydede ikke på nogen markant forskel mellem vandtyperne fra de to pumper. Dog var iltindholdet og redox-potentialet lidt lavere i vandet fra den nederste pumpe, se tabel 1.

## **Geologiske og hydrogeologiske forhold**

Toppen af Tostrup salthorsten befinder sig godt 200 m under terræn, og de 7 kaverner er udskyllet i saltet 1200 - 1500 m under terræn. Lagene over horsten udgøres af kalk overlejret af 20 – 30 m smeltevandssand. De to lag er stedvist adskilt af smeltevandssler.

Grundvandets strømningsretning er fra nordvest mod sydøst vurderet ud fra potentialeforholdene i området. Vandindvinding foregår både fra kalkmagasinet og fra sandmagasinet.

## **Hydrokemiske forhold**

Methanindholdet i grundvandet fra alle 4 boringer ved Ll. Torup er meget lavt, under 0,005 mg/l, (tabel 1) dvs. under detektionsgrænsen for den anvendte headspace-metode, når prøverne opbevares i Venoject glas med butylgummipropper. Udføres headspace analysen på prøver i serumglas med teflon-coated septa forbedres detektionsgrænsen til 0,002 mg/l, men heller ikke med denne metode kunne der spores methan i prøverne fra de to overvågningsboringer. Dette er i lyset af vandets indhold af ilt og nitrat ikke overraskende, tabel 1. Ilt blev ikke målt direkte, men sås tydeligt på kromatogrammerne for CFC analyse, figur 6. Til sammenligning er det naturlige methanindhold i grundvandet over Stenlille gaslageret væsentlig højere, 0,02 – 0,2 mg/l. Det højere methanindhold ved Stenlille stammer fra områdets tørveholdige lag, hvis organiske indhold langsomt omsættes til methan, som føres ned til grundvandet.

De kemiske forhold for grundvandet i de to indvindingsboringer DGU 47.653 og 47.767 er stort set de samme ved begge prøvetagninger, tabel 1, og bekræfter dermed at disse to boringer vil være velegnede til overvågning af et eventuelt gasudslip.

Grundvandet i begge overvågningsboringer indeholder ilt og nitrat, og et eventuelt gasudslip kan kun forventes at vise sig indirekte som et forhøjet indhold af bikarbonat og et fald i ilt og nitrat, se ligning 1 og 2.

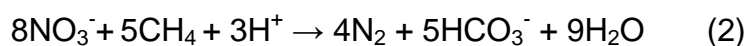
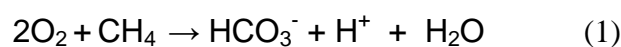
Tabel 1. Kemisk analyse af grundvand fra mulige overvågningsboringer, Ll. Torup.

Boring	47.653		47.767		47.1015			47.1016
Filter, m u.t.	34-36		38-50		23-33	23-33	29	11-21
Geologi	Skivekridt m. lerdække		Skivekridt u. lerdække?		Skivekridt			Skivekridt
Dato	06-04-00	25-10-01	06-04-00	25-10-01	25-10-01	31-10-01	31-10-01	25-10-01
<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>0.003</b>	<b>&lt;0.005</b>	<b>0.005</b>	<b>&lt;0.005</b>	<b>&lt;0.002</b>	<b>&lt;0.002</b>	<b>&lt;0.002</b>	<b>&lt;0.002</b>
pH	7.2	7.3	7.3	7.4	7.2	7.4	7.4	7.3
HCO <sub>3</sub>	176	185	188	185	245	198	193	179
F	0.16	0.09	0.15	0.15	0.06	<0,05	0.05	0.08
Cl	21	21	20	19	43	37	29	67
Br	0.23	<0,05	0.08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NO <sub>3</sub>	1.4	1.5	<0,05	<0,05	82	72	44	10.7
SO <sub>4</sub>	30	28	22	19	23	23	28	24
Li	0.14		0.02					
Na	13.4	11,1	12.6	9,6	28,0	25,4	17,5	28,6
NH <sub>4</sub>	<0,01		0.09					
K	1.2	1,0	1.2	1,0	0,8	0,8	1,2	0,6
Mg	7.3	5,5	8.3	6,2	5,3	5,5	5,1	2,5
Ca	52	45	49	39	69	72	65	56
O <sub>2</sub>	<0,2		<0,2			6.7	5.9	
Eh, mV	-62		-115			115	78	

Koncentrationerne er angivet i mg/l

Analyserne i de to nederste rækker er udført i felten.

Fosfat (PO<sub>4</sub>) og nitrit (NO<sub>2</sub>) analyserne viste mindre end 0,01 mg/l for alle prøver.



Den indirekte bestemmelse af et naturgasudslip er naturligvis ikke så følsom, som den direkte metode, fordi grundvandets indhold af ilt, nitrat og bikarbonat varierer noget med tiden selv for samme boring. Naturgas indeholder dog også højere kulbrinter, indholdet af ethan er ca. 5 – 7 pct., og disse vil muligvis kunne spores ved et eventuelt udslip, da højere kulbrinter nedbrydes langsommere end metan.

De uventede høje ilt- og nitratindhold i grundvandet omkring de to nye overvågningsboringer kan skyldes, at der ingen lerlag er mellem de øverste sandlag og kalken. Fjernelse af ilt og nitrat fra grundvandet sker sandsynligvis først og fremmest i lerlagene mellem smeltevandssandet og kalken, da reduktionskapaciteten i ler normalt er væsentlig højere end i kalk. Indholdet af organisk stof og reducerede jernforbindelser, der kan reagere med ilt og nitrat, er temmelig lavt i kalk sammelignet med ler. Boreprofilerne for de to vandindvindingsboringer, 47.653 og 47.767 /1/, viser 2-3 m smeltevandsler mellem sand- og kalklagene for førstnævnte borings vedkommende men der ses ingen ler for sidstnævnte. Grundvandet i kalken omkring boring 47.767 indeholder ingen ilt eller nitrat og redoxpotentialen er lavt (-115 mV), det viser at vandet har passeret reducerende lag. Det betyder sandsynligvis, at der er ler mellem sandlagene og kalken omkring boringen, men at lerlaget er så ubetydeligt, at det ikke er nævnt i borebeskrivelsen, eller at det mangler lokalt på borestedet. Brandberedskabsboringen (47.766), der ligger ca 150 m syd for boring 47.767, indeholder både ilt (3 mg/l) og nitrat (28 mg/l) /1/, men de specielle prøvetagningsforhold omkring denne boring (maksimalt tilladte renpumpningstid, 10 min.) rejste tvivl om prøvernes repræsentativitet. Set i lyset af resultaterne fra de nye overvågningsboringer er det muligt at grundvandet i kalken omkring brandberedskabsboringen faktisk indeholder ilt og nitrat.

Grundvandskemi for overvågningsboring 47.1016 ved To11 minder meget om kemi i boring 47.130 ca. 150 m øst derfor (figur 1), bortset fra at kloridindholdet er højere i førstnævnte (67 mg/l) end i sidstnævnte (25 mg/l). Kloridindholdet i boring 47.1016 er det højeste af samtlige undersøgte boringer i området, og kan muligvis stamme fra anvendelsen af vejsalt, da boringen ligger nedstrøms tilkørselsvejen til gaslageret.

Nitratindholdet i grundvandet i kalken omkring overvågningsboring 47.1015 ved To9 er næsten lige så højt (82 mg/l) som i de to private boringer (47.216: 83mg/l & 47.377: 98 mg/l) der er filtersat i sandet nord for boring 47.1015 (figur 1). Det skal dog bemærkes at nitratindholdet i boring 47.1015

var faldet til 72 mg/l ved anden prøvetagning, hvor renpumpningen var forlænget til 5 timer. Grundvandet fra de nederste 4 m af filteret, udtaget med pumpen i 29 m (figur 5), indeholdt 44 mg/l nitrat altså væsentlig mindre end de først målte 82 mg/l. Den meget markante forskel på nitratindholdet mellem de to filterintervaller kan være reel, men kan også skyldes at den øverste del af filteret modtager vand fra de overliggende sandlag, fordi forseglingen med betonit afsluttes næsten 4 m over top af kalk, se bilag 1. Det vil sige, at der er hydraulisk kontakt mellem sandlagene og filteret. Det er muligt at denne hydrauliske kontakt påvirker grundvandet i hele filterintervallet og at nitratindholdet i kalken er lavere end de 44 mg/l, der blev målt i for det nederste indtag (29 m). Dog tyder fundet af 28 mg/l nitrat i brandberedskabsboringen, trods problemer med prøvetagningen dér, at nitrat forekommer i det øverste dele af kalken i dele af området.

Boreskitsen for overvågningsboring 47.1016 ved To11 viser, at der også er hydraulisk kontakt mellem filter og sandlagene over kalken, fordi bentonit-forseglingen ikke er ført helt ned til kalken.

## **Grundvandets alder bestemt ved CFC metoden**

CFC-analyser blev udført dels for at kontrollere vandprøvernes repræsentativitet, dels for at bestemme alderen af grundvandet. Principperne bag aldersbestemmelse ved CFC-metoden er nærmere beskrevet i første undersøgelsesrapport for Ll. Torup lageret /1/.

*Tolkning af CFC-analyserne:* I tabel 2 er de målte CFC-koncentrationer i vandprøverne angivet først, dernæst de beregnede CFC-koncentrationer for den atmosfære vandet sidst har været i kontakt med, og sidst er årstallene for disse CFC-koncentrationer i atmosfæren anført. Minimums CFC-årstal svarende til detektionsgrænsen for de 3 CFC-gasser, der anvendes til grundvandsdatering er: CFC-12 = 1940, CFC-11 = 1945 og CFC-113 = 1959,5. Produktionen af sidstnævnte CFC gasart blev først påbegyndt i 1959. Under bemærkninger er anført tilstedeværelse af ilt og lattergas ( $N_2O$ ) som også registreres af ECD-dektektoren, og derfor ses i kromatogrammet.  $N_2O$  dannes som mellemprodukt ved nitrat-reduktion, og viser at der er en relativ høj mikrobiologisk aktivitet i de pågældende niveauer.

*Tabel 2 Alder af grundvand bestemt ved CFC metoden, Ll. Torup gaslager*

Boring DGU nr.	Dybde meter	Ampul Nr.	Udtaget		Koncentration i vand			Beregnet partialtryk i atmosfæren, pptv			Beregnet alder ved CFC metoden			Bemærkninger	Skønnet CFC-årstal
					pg/kg CFC-11	pg/kg CFC-12	pg/kg CFC-113	CFC-11	CFC-12	CFC-113	CFC-11	CFC-12	CFC-113		
47.1015	23-33	1	25-10-01	13.40	3982	1209	24.0	1234	1659	17.7	*)	*)	1978.0	O2;N2O	
do	do	2	25-10-01	13.45	3757	1244	19.1	1164	1707	14.1	*)	*)	1976.0	3 min flush	
do	do	3	25-10-01	13.50	3825	1306	18.8	1186	1793	13.8	*)	*)	1976.0	3 min flush	
47.1016	11-21	1	25-10-01	16.10	244	119	6.1	75.6	163	4.5	1971.5	1971.5	1968.0	O2;N2O	1972
do	do	2	25-10-01	16.15	245	126	6.1	75.8	173	4.5	1971.5	1972.5	1968.0	3 min flush	
do	do	3	25-10-01	16.20	248	127	6.2	76.8	175	4.5	1971.5	1972.5	1968.0	3 min flush	
47.1015	23-33	1	31-10-01	16.05	3874	1470	22.2	1201	2019	16.3	*)	*)	1977.0	O2;N2O	
do	do	2	31-10-01	16.10	3624	1507	22.7	1123	2069	16.7	*)	*)	1977.5	3 min flush	
47.1015	29	1	31-10-01	17.00	2832	3444	4.9	878	4728	3.6	*)	*)	1966.0	O2;N2O	
do	do	2	31-10-01	17.10	2886	3329	6.0	894	4570	4.4	*)	*)	1967.5	3 min flush	

\*) CFC indholdet er større end mængde, der kan tilføres grundvandet via ligevægt med atmosfæren

Koncentrationerne i vand viser de målte CFC-koncentrationer

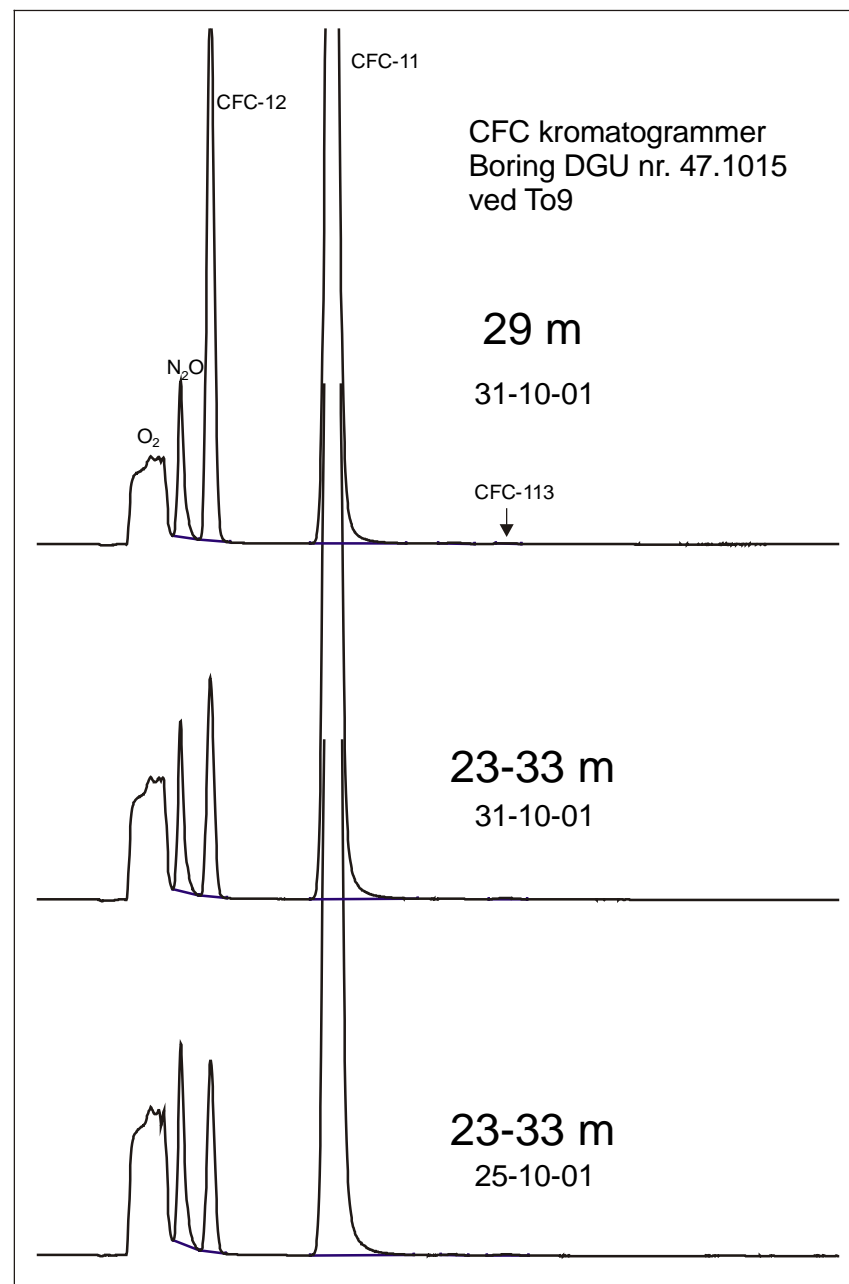
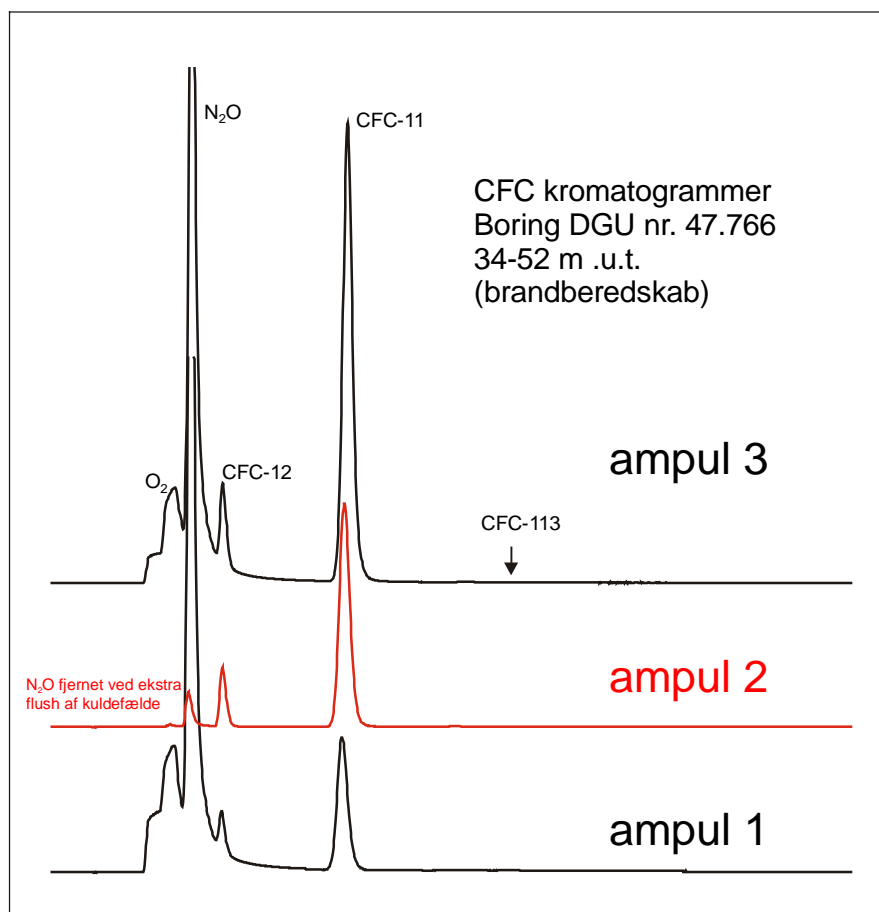
Beregnet partialtryk viser CFC-niveauet i den atmosfære vandet sidst har været i kontakt med

Beregnet alder viser, hvornår atmosfæren havde det pågældende CFC-niveau

Under bemærkninger anføres bla. andre stoffer som kromatogrammet registrerer

Ekstra "flush" tid er nødvendig, hvis prøven indeholder høj N<sub>2</sub>O-koncentration, da N<sub>2</sub>O "skygger" for CFC-12

Figur 6. CFC kromatogrammer af prøver fra forskellig dybde i ny overvågningsboring ved To9. Prøvetagnings-procedure er vist i figur 5. CFC-12 og CFC-11 indholdet er så højt at det ikke kan stamme fra atmosfæren alene, hvis man antager at der hersker almindelig fysisk ligevægt mellem atmosfære og vand ved grundvandspejlet. CFC-analyser af vandprøver fra brandberedskabs-boringen, (47.766) viste også forhøjede CFC-indhold omend ikke så markant som for 47.1015. CFC tophøjde i det røde kromatogram svarer nogenlunde til CFC-indholdet i vand, der er i ligevægt med atmosfæren idag.





For prøver med høj N<sub>2</sub>O koncentration kan N<sub>2</sub>O toppen skygge for CFC-12, som derfor kan vise for lav koncentration. Problemet kan løses ved at "flushe" kuldefælden ekstra 2-10 min., hvorved det meste N<sub>2</sub>O fjernes, sammenlign kromatogrammerne for ampul 1 og 2 i figur 6.

Grundvandets alder. Grundvandet i det øverste kalklag omkring overvågningsboring 47.1016 ved To11 er ca. 30 år gammelt, dvs. samme alder som vandet omkring boring 47.130 ca. 150 m øst derfor. Da grundvandskemien i de to borerer også er meget lig hinanden, vil det sige at der praktisk taget ikke er forskel på grundvandet den øverste del af kalken og grundvandet i sandlagene derover. Det kan muligvis skyldes, at der mulighed for hydraulisk kontakt mellem de to lag i selve boringen fordi bentonitforseglingen ikke synes at være ført helt ned til kalken, se bilag 1.

For overvågningsboring 47.1015 ved To9 var det ikke muligt at bestemme alderen af vandet pga. forhøjede indhold af CFC-11 og CFC-12. Forklaringen på de forhøjede CFC indhold kan være enten enten lokal forurening med de to stoffer eller luftindtag pga. lækage. De to stoffer blev anvendt til forskellige formål, CFC-12 i kølekompressorer og CFC-11 ved fremstilling af forskellige skumplastmaterialer, derfor finder man derfor typisk kun det ene af stofferne i meget høje koncentrationer ved egentlige forureninger af grundvandet. Forholdet mellem CFC-11 og CFC-12 i boring 47.1015 tyder på, at der tale om ekstraordinær påvirkning fra atmosfæren. Der var også ved undersøgelsen i april 2000 problemer med forhøjede CFC indhold i prøverne fra brandberedskabsboringen, særlig den sidst udtagne ampul, om end forhøjelsen var mindre markant, se figur 6. Det stigende CFC indhold fra ampul 1 til ampul 3 fra brandberedskabsboringen kunne forklares ved luftindtrængning pga. afsænkning ved den meget høje ydelse som denne boring giver. Grundvandspejlet i overvågningsboringen 47.1015 afsænkedes imidlertid kun 4 cm under pumpningen, så forklaringen på de forhøjede CFC indhold i boring 47.1015 kan ikke være luftindtrængning pga. for stor afsænkning. Desuden er CFC-12 indholdet markant højere i vandet fra den nederste del af filteret end fra filteret som helhed, se tabel 2. Det kunne tyde på at der er tilført ekstra luft til kalklagene ved etableringen af boringen. CFC gasserne er kun lidt opløselige i vand og følgelig er den mængde CFC, der føres ned til grundvandet ved almindelig ligevægt med atmosfæren på overgangen ved grundvandspejlet kun beskednen. Derfor skal der kun tilføres ganske lidt ekstra luft til grundvandet i en given dybde for at give en betydelig forhøjelse på CFC-

indholdet, det gælder især for CFC-12, der har den laveste opløselighed af CFC gasarterne. Hvis formodningen om, at det forhøjede CFC stammer fra etableringen af boringen, vil fænomenet formentlig være forbigående. Det er imidlertid vanskeligt at afgøre i hvor høj grad iltindholdet i grundvandet ( $O_2 = 5 - 6 \text{ mg/l}$ ) kan være påvirket af mulig tilførsel af atmosfærisk luft under boringens etablering, men det høje nitratindehold tyder på, at der var ilt i grundvandet før boringen blev udført. Tilstedeværelse af ilt vandet omkring brandberedskabsboring ( $O_2 = 3 \text{ mg/l}$ ) peger i samme retning.

Man kan undre sig over, at der ikke også har vist sig problemer med forhøjede CFC indhold i prøverne fra den anden overvågningsboring 47.1016 ved To11, hvor filteret også står i den øverste del af kalken. Og det er i de øverste lag af kalkbjergarter vi af og til ser problemer med forhøjede CFC indhold forårsaget af ekstra luftindtag. Problemerne skyldes givetvis at vandet indvindes fra sprækker i denne bjergart og ikke fra hele bjergarten som i sandlagene. At vi i nogle boringer og ikke i andre støder på problemer med forhøjede CFC indhold i terrænnær kalk kan enten skyldes forhold omkring disse boringens etablering, eller muligvis særlige forhold omkring sprækkernes størrelse og fordeling i kalken de pågældende steder.

### **Vurdering af boringernes egnethed mht. overvågning**

Boringernes egnethed til overvågning af eventuelt mindre gasudslip fra lageret i salthorsten er sammenfattet i tabel 3. Adgangsforholdene til boringerne er yderligere illustreret ved fotografierne i figur 2-4.

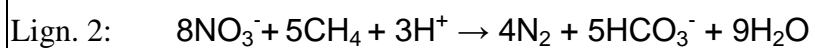
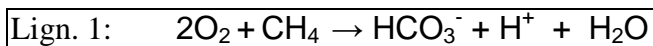
Undersøgelsen har bekræftet, at de to vandforsyningsboringer (47.653 og 47.767) er velegnet til overvågning af et eventuelt gasudslip, da dette vil give sig tilkende gennem forhøjede methankoncentrationer i grundvandet.

De to nyetablerede overvågningsboringer kan sandsynligvis kun give indirekte indikation af eventuelt gasudslip på grund af grundvandets indhold af ilt og nitrat. Det er dog sandsynligt,

at nedbrydning af de højere kulbrinter (C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>) vil foregå langsommere end for methans vedkommende, og i så fald er direkte påvisning af eventuel lækage mulig, omend med noget lavere "følsomhed".

*Tabel 3. Overvågningsboringer ved Ll. Torup gaslager - vurdering af egnethed*

Boring	Anvendelse	Adgangsforhold mm	Installation	Egnethed mht overvågning
47.1015	ny overvågning	let adgang	MP1 pumpe	indirekte: O <sub>2</sub> ↓;NO <sub>3</sub> ↓;HCO <sub>3</sub> ↑
47.1016	ny overvågning	let adgang	MP1 pumpe	indirekte: O <sub>2</sub> ↓;NO <sub>3</sub> ↓;HCO <sub>3</sub> ↑
47.653	vandforsyning	nogenlunde god plads	fast pumpe	direkte: CH <sub>4</sub> ↑
47.767	vandforsyning	let adgang	fast pumpe	direkte: CH <sub>4</sub> ↑



## **Anbefalinger**

Analyseprogrammet for overvågningen bør foruden de lette kulbrinter (C1-C5) også omfatte analyse af ilt, nitrat, sulfat, bikarbonat samt redoxpotentialer, for at kunne spore den indirekte påvirkning af et eventuelt gasudslip til ilt- og nitratholdige vandtyper.

Den tekniske beskrivelse af de nye overvågningsboringer tyder på, at der er hydraulisk kontakt mellem filteret og sandlaget over kalken. Det anbefales at kontrollere om det forholder sig sådan, for at få klarhed over om vandet alene stammer fra kalken eller om det oppumpede vand kommer fra både kalk- og sandlag.

Hvis det viser sig at bentonit afpropningen i boringerne ikke sikrer adskillelse mellem sandlag og filteret i kalken, og DONG på den baggrund ønsker at udfører erstatningsboringer, bør filteret i kalken sættes i noget større dybde end tilfældet er de 2 nuværende boringer. Hvilken dybde der vil være passende bør vurderes ud fra geologiske og hydrologiske oplysninger fra de nærliggende boringer, der er filtersat i kalken. Oplysninger om kalkens beskaffenhed kan muligvis også hentes i data fra de dybe boringer To9 og To11, hvis oplysningerne ellers er detaljerede nok for de øverste lag.

## **Referencer**

/1/ Grundvandsovervågning ve Ll. Torup gaslager – Forundersøgelser og udvælgelse af egnede boringer, GEUS rapport nr. 2000/59, 23 pp.

## Bilag 1. Boreskitser af nye overvågningsboringer

