



Työraportti 2006-44

Kaasunäytteiden otto kairanreiästä maanpinnalle pumpatusta vedestä

Jere Lahdenperä

Elokuu 2006

Työraportti 2006-44

Kaasunäytteiden otto kairanreiästä maanpinnalle pumpatusta vedestä

Jere Lahdenperä

Posiva Oy

Elokuu 2006

Posivan työraporteissa käsitellään käynnissä olevaa
tai keskeneräistä työtä. Esitetyt tulokset ovat alustavia.

KAASUNÄYTTEIDEN OTTO KAIRANREIÄSTÄ MAANPINNALLE PUMPATUSTA VEDESTÄ

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli kehittää menetelmä kairanreiän ulkopuolella tapahtuvaan kaasunäytteenottoon. Tässä raportissa on kuvattu työn tuloksena kehitetty yksinkertainen kaasukeräin -menetelmä (YKK) sekä sillä saatuja tuloksia.

Näytteitä kerättiin viidestä eri näytteenottovälistä. Ensimmäiset testinäytteenotot suoritettiin monitulpatulla kairanreiällä (OL-KR1/523,2-528,2 m). Loput näytteet kerättiin PAVE-näytteenottojen [15] esipumppauksen yhteydessä. Näytteiden kaasukoostumus määritettiin massaspektrometrillä. Uudella menetelmällä saatuja tuloksia verrattiin samoista näyteväleistä PAVE-laitteistolla otettujen näytteiden tuloksiin.

Samasta näytteenottovälistä YKK-menetelmällä otettujen kaasunäytteiden kaasukoostumuksissa ei ollut suuria eroja. Sen sijaan havaintojen perusteella tehtyjen kaasukonsentraatiomääritysten välillä saattoi esiintyä suuriakin vaihteluja.

YKK- ja PAVE-menetelmillä saadut tulokset ovat samansuuntaisia, vaikkakin eroja niin kaasukoostumusten kuin –konsentraatioidenkin osalta löytyy. Tulokset viittaavat siihen, että kaasukonsentraation ollessa pieni ($< 100 \text{ ml/l H}_2\text{O}$ PAVE-menetelmällä) kaasukoostumukset ovat erittäin hyvin linjassa keskenään. Kaasukonsentraation ollessa suuri kaasukoostumukset eroavat jonkin verran toisistaan. Kaasukonsentraatioiden arvojen osalta eri menetelmillä saatiin samansuuntaisia tuloksia suurten arvojen kohdalla. Pienten arvojen kohdalla erot olivat suhteellisesti suurempia.

Tehdyt tutkimukset osoittavat, että YKK-menetelmällä saadaan vertailukelpoista tietoa pohjavesien kaasukoostumuksista ja –konsentraatioista. Menetelmän käytöllä on kuitenkin rajoituksensa. Käyttö edellyttää, että näytteenottovälistä pumpattava vesi on ylikylläistä kaasun suhteen.

Avainsanat: Kaasukoostumus, kaasukonsentraatio, liuenneet kaasut, pohjavesi, massaspektrometri.

SAMPLING OF DISSOLVED GASES IN DEEP GROUNDWATER PUMPED TO THE SURFACE

ABSTRACT

The aim of this study was to develop method for sampling dissolved gases in groundwater pumped out from borehole. In this report the developed method called Simple gas collector (YKK) and the first results gained are described.

Samples were collected from five sampling sections. First test samplings were made from multipackered deep borehole (OL-KR1/523,2-528,2 m). The rest of samples were sampled during prepumping of PAVE-samplings [15]. All samples were analysed with mass spectrometer.

Gas composition results were very reproducible but gas concentration results varied in some sampling sections. Achieved results were compared with gas results of groundwater samples taken with PAVE-equipment. YKK-results were mainly comparable to PAVE-results, although differences were observed in both gas composition and concentration results. When gas concentration is small (<100 ml/l H₂O) gas compositions are very comparable and when concentration is high compositions differs between YKK- and PAVE-results. Gas concentration values were very comparable when the groundwater samples contained gases a lot, but the differences were relatively higher, when the gas amount in the groundwater sample was small.

According to the survey you can get comparable information of dissolved gases in groundwater with YKK-method. The limit of using this method is that pumped groundwater must be oversaturated with gases in sampling conditions.

Keywords: Gas composition, gas concentration, dissolved gases, groundwater, mass spectrometer.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	3
2	TEORIAA	5
2.1	Ideaalikaasun yleinen tilanyhtälö	5
2.2	Kaasujen liukoisuus	5
2.3	Diffuusio	6
2.4	Fraktioituminen	7
3	KAASUNÄYTTEENOTTOMENETELMIÄ	9
3.1	Kairanreiän ulkopuolella tapahtuva näytteenotto	9
3.2	Näytteenotto kairanreiässä	10
3.3	Näytteenotto maan alta kairatusta kairanreiästä, jonka suuaukko on pohjaveden pinnan alapuolella	10
3.4	Posivan käyttämät kaasunäytteenottomenetelmät	10
3.5	Kaasujen analysointi	12
3.6	Maanpinnalta kerätyn kaasunäytteen koostumuksen laskennallinen korjaus	14
4	TULOKSET	17
4.1	Näytteenotto kairanreiästä OL-KR27 syvyydeltä 124-135 m	18
4.2	Näytteenotto kairanreiästä OL-KR13 syvyydeltä 362-365 m	22
4.3	Näytteenotto kairanreiästä OL-KR27 syvyydeltä 503-506 m	23
4.4	Näytteenotto kairanreiästä OL-KR29 syvyydeltä 800-865 m	25
5	TULOSTEN VERTAILU JA ARVIOINTI	27
6	YHTEENVETO	31
	LÄHDELUETTELO	33
	LIITTEET	35
	LIITE A: OL-KR27/124-135 m näytteiden tulokset	37
	LIITE B: OL-KR13/362-365 m näytteiden tulokset	41
	LIITE C: OL-KR27/503-506 m näytteiden tulokset	45
	LIITE D: OL-KR29/800-865 m näytteiden tulokset	51

1 JOHDANTO

Posiva Oy on suorittanut tutkimuksia kallioperän pohjaveden kaasuihin liittyen Olkiluodossa vuodesta 1991 lähtien. Käytössä on ollut erilaisia näytteenottomenetelmiä. Ensimmäiset tutkimukset pohjautuivat maanpäältä tehtäviin näytteenottoihin [6, 7, 8, 12 ja 14]. Myöhemmin on käytetty PAVE-laitteistoa [9 ja 15], jolla näytteenotto tehdään kairanreiässä. PAVE-laitteiston jälkeen Posivan kaasunäytteenottojen kehitystyössä on lähinnä keskitytty arvioimaan eri näytteenottomenetelmiä ja niillä saatuja tuloksia [2, 3 ja 4].

Arviointien perusteella todettiin tarpeelliseksi suorittaa PAVE-näytteenottojen lisäksi maanpinnalta tehtäviä kaasunäytteenottoja. Aikaisemmin käytössä olleet maanpinnalta tehtävät kaasunäytteenottomenetelmät olivat osoittautuneet epävarmoiksi, joten uuden menetelmän kehittäminen tuli ajankohtaiseksi.

Tässä raportissa kuvataan uuden menetelmän kehitystyötä ja menetelmällä saatuja tuloksia. Tulosten vertailuaineistona on käytetty PAVE-menetelmällä saatuja tuloksia.

2 TEORIAA

2.1 Ideaalikaasun yleinen tilanyhtälö

Kaasumaisella aineella ei ole tarkkaa muotoa, vaan se täyttää koko tilan, johon se on sijoitettu. Kaasujen tiheydet ovat varsin pieniä. Molekyylit ovat etäällä toisistaan ja pääsevät liikkumaan hyvin vapaasti toistensa lomitse. Klassiset kaasulait käsittelevät kaasun tilavuuden, paineen ja lämpötilan välisiä riippuvuuksia. Kaasua, joka noudattaa näitä lakeja tarkasti kutsutaan ideaalikaasuksi. Matalissa paineissa useimmat todelliset kaasut noudattavat ideaalikaasulakeja likimääräisesti.

Idealikaasun tilaa voidaan kuvata yleisellä tilanyhtälöllä:

$$pV = nRT, \quad (2-1)$$

missä p on paine, V kaasun tilavuus, n ainemäärä, R kaasuvakio (Rydbergin vakionakin tunnettu) ja T lämpötila.[11]

2.2 Kaasujen liukoisuus

Veteen liuenneen kaasun määrää voidaan kuvata Henryn lailla. Henryn lain mukaan veteen liuenneen kaasun konsentraatio on suoraan verrannollinen kyseisen kaasun osapaineeseen:

$$c_i = k_H p_i, \quad (2-2)$$

missä c_i on kaasun i konsentraatio vesifaasissa, p_i kaasun i osapaine kaasufaasissa ja k_H kaasun i ominainen Henryn vakio. Max-Planckin kemian instituutti on taulukoinut Henryn vakioita k_H° , jotka on määritetty normaali lämpötilassa 293,15 K. Vakion edessä oleva θ -merkki kuvaa standardi olosuhteita. Heidän taulukoimansa vakiot on esitetty yksikössä M/atm.[10] SI-järjestelmän mukaisesti Henryn vakion yksiköksi soveltuu paremmin M/Pa. Kyseisen yksikön mukaiset arvot voidaan laskea Max-Planck instituutin arvoista jakamalla yksikössä M/atm oleva arvo luvulla 101325, koska 1 atm = 101325 Pa.[11] Taulukossa 2-1 on esitetty yleisimmille Olkiluodon pohjavesissä esiintyville kaasuille ominaiset Henryn vakiot.

Taulukko 2-1. Eräiden kaasujen Henryn vakiot

Kaasu	k_H^θ / M/atm	k_H^θ / M/Pa
Vety	$7,8 \cdot 10^{-4}$	$7,698 \cdot 10^{-9}$
Helium	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$3,750 \cdot 10^{-9}$
Metaani	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,382 \cdot 10^{-8}$
Typpi	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$6,415 \cdot 10^{-9}$
Happi	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,283 \cdot 10^{-8}$
Argon	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,382 \cdot 10^{-8}$
Hiiidioksidi	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$3,356 \cdot 10^{-7}$
Etaani	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,776 \cdot 10^{-8}$

Kaasuille ominaista on, että niiden liukoisuus veteen pienenee veden lämpötilan kasvaessa. Täten myös Henryn vakiot muuttuvat lämpötilan vaikutuksesta. Henryn vakio k_H lämpötilassa T voidaan laskea taulukoidusta arvosta kaavalla:

$$k_H = k_H^\theta \cdot \exp\left(\frac{-\Delta_{\text{soln}}H}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T^\theta}\right)\right), \quad (2-3)$$

Max-Planckin kemian instituutti on taulukoinut Henryn vakioiden ohella myös $\Delta_{\text{soln}}H/R$ -arvoja. Taulukossa 2-1 esitettyjen kaasujen $\Delta_{\text{soln}}H/R$ -arvot on esitetty taulukossa 2-2. [10]

Taulukko 2-2. Eräiden kaasujen $\Delta_{\text{soln}}H/R$ -arvot

Kaasu	$\Delta_{\text{soln}}H/R$ / K
Vety	490
Helium	92
Metaani	1700
Typpi	1300
Happi	1500
Argon	1500
Hiiidioksidi	2400
Etaani	2400

2.3 Diffuusio

Atomien tai molekyylien spontaania siirtymistä suuremman konsentraation alueesta pienemmän konsentraation alueeseen kutsutaan diffuusioksi. Tällöin konsentraatio pyrkii tasoittumaan spontaanisti lämpöliikkeen ja molekyylien törmäysten ansiosta. Nettohiukkasvirta suuntautuu siis suuremmasta konsentraatiosta pienempään.

2.4 Fraktioituminen

Diffuusio tapahtuu eri aineilla eri nopeudella. Joillakin aineilla konsentraatiogradientin tasoittuminen tapahtuu väliaineessa nopeammin kuin toisilla. Tämä havaitaan esimerkiksi vedestä erottuvien kaasujen eri aikaisena erottumisena. Puhutaan nk. fraktioitumisesta, kun kevyet kaasut erottuvat vedestä ennen raskaampia kaasuja.

3 KAASUNÄYTTEENOTTOMENETELMIÄ

Näytteenottomenetelmät voidaan jaotella periaatteiltaan useilla eri tavoilla. Jaottelu voidaan aloittaa karkeasti siitä, onko kyseessä kairanreiässä vai kairanreiän ulkopuolella tapahtuva näytteenotto. Suurin ero kyseisissä menetelmätyypeissä on näytteenottosyvyydellä vallitsevan paineen säilyminen. Kairanreiässä käytettävissä näytteenottomenetelmissä näyte säilyy in-situ -paineessa eli paineessa, joka vallitsee näytteenottosyvyydellä. Kairanreiän ulkopuolella käytettävissä näytteenottomenetelmissä voidaan pyrkiä in-situ -paineen säilyttämiseen. Usein paine on kuitenkin vaikeasti säilytettävissä, joten in-situ -paineisia näytteitä ei käytännössä saada maanpinnalta.

Näytteenottomenetelmiä valittaessa on huomioitava myös se, onko kyseessä maanpinnalta vai alta (esim. tunnelista) kairattu kairanreikä. Mikäli maanalaisen kairanreiän suuaukko sijaitsee pohjaveden pinnan alapuolella, kairanreiästä tulee itsestään vettä hydrostaattisen paineen vuoksi.

3.1 Kairanreiän ulkopuolella tapahtuva näytteenotto

Pumpattaessa pohjavettä kairanreiästä maan pinnalle havaitaan vedestä erottuvan kaasuja. Kaasujen erottuminen aiheutuu hydrostaattisen paineen alenemisesta. Koska kaasujen liukoisuus veteen kasvaa paineen kasvaessa, niin luonnollisesti, kun paine pienenee, veteen lienneet kaasut erottuvat osittain omaksi faasikseen.

Kaasujen vapautuminen on huomioitava pohjavesinäytteenotossa. Määritetyistä kaasukonsentraatioista saattaa helposti tulla vääristyneitä, koska kaasun vapautumista näyteletkuissa ja näytteenottovälissä ei pystytä kontrolloimaan. Pumppauksen aiheuttama paineen alenema saattaa erottaa kaasuja jo kairanreiän näytteenottovälissä. Tällöin näytteenottosyvyydeltä määritetyistä konsentraatioista saattaa tulla liian isoja näytteenottoväliin kerääntyvän kaasun vuoksi. Toisaalta konsentraatioista saattaa tulla liian pieniä, mikäli erottunutta kaasua karkaa näytteestä näytteenoton aikana.

Kaasun erottumisesta aiheutuvia ongelmia voidaan pienentää modifioimalla näytteenottomenetelmiä. Esimerkiksi vastapaineen käyttäminen näyteletkuissa ja näytteenottosäiliössä pumppauksen yhteydessä vähentää kaasujen erottumista pumpattavasta vedestä. Vastapaineen käyttäminen on tosin useimmissa tapauksissa vaikeaa, koska veden pumppaus ei yleensä tapahdu tasaisesti vaan sykleissä.

Kaasukonsentraatio voidaan määrittää myös keräämällä kairanreiän ulkopuolella pumpattavaa vettä ja siitä erottuvat kaasut. Tällöin on muistettava, ettei kaikki vedessä oleva kaasu erotu vedestä, vaan veteen jää kaasuja. Veteen jääneet kaasut on otettava kaasukonsentraatiota määritettäessä huomioon. Veteen jäänyttä kaasumäärää voidaan laskennallisesti arvioida Henryn lailla (kaava 2-2). Toinen vaihtoehto on erottaa alipaineella veteen jääneet kaasut.

3.2 Näytteenotto kairanreiässä

Kairanreiän ulkopuolella tapahtuvassa näytteenotossa esiintyviä ongelmia voidaan yrittää välttää ottamalla näyte paineen säilyttävään säiliöön näytteenottovälissä. Tällöin kaasuja ei pitäisi erottua, koska näytteen paine pysyy samana. Käytännössä näytteenotto kuitenkin aiheuttaa usein kaasujen erottumista. Monilla käytetyillä menetelmillä syntyy paineen alenema, joten seuraukset ovat samat kuin hydrostaattisen paineen aletessa. Näytteen säiliöön ottamisen tulisikin tapahtua siten, ettei näytteenottovälille syntyisi missään vaiheessa suuria painegradientteja.

3.3 Näytteenotto maan alta kairatusta kairanreiästä, jonka suuaukko on pohjaveden pinnan alapuolella

Maan alta (esim. ONKALO:sta) kairatussa kairanreiässä, jonka suuaukko on pohjaveden pinnan alapuolella, voidaan käyttää samoja näytteenottomenetelmiä kuin maanpinnalta kairatussa kairanreiässä, nyt näyte vain tulee kairanreiästä itsestään ilman pumppausta. Vastapaineen synnyttäminen näytteenoton yhteyteen on helppoa, koska veden virtaus tapahtuu tasaisesti eikä sykleissä.

Kairanreiästä itsestään tuleva vesi saattaa myös vaikeuttaa näytteenottoja. Vettä saattaa tulla runsaastikin, jolloin kairanreiän suuaukko on oltava tiiviisti suljettu. Tällaisissa kairanrei'issä tuleeikin paremmin kyseeseen kairanreiän ulkopuolella tapahtuvat näytteenotot, koska kairanreikään on hankala asettaa laitteita reiästä ryöppyävän veden vuoksi.

3.4 Posivan käyttämät kaasunäytteenottomenetelmät

PAVE-menetelmällä otetaan näytteitä tulpilla eristetystä näytteenottovälistä. PAVE-laitteisto [15], koostuu kalvopumpusta, PAVE-yksiköstä ja kahdesta paineella pullistettavasta kumitulpasta. PAVE-yksikköön kuuluu kolme painesäiliötä sekä laitteiston käyttämiseen tarvittavat venttiiliyhdistelmät. Nykyisin käytetään kahden kokoisia painesäiliöitä, joiden tilavuudet ovat noin 100 ml ja noin 250 ml. Maanpinnalla laitteistoon kuuluvat kenttämittauslaitteisto elektrodeineen sekä pumppauksen ohjausyksikkö.

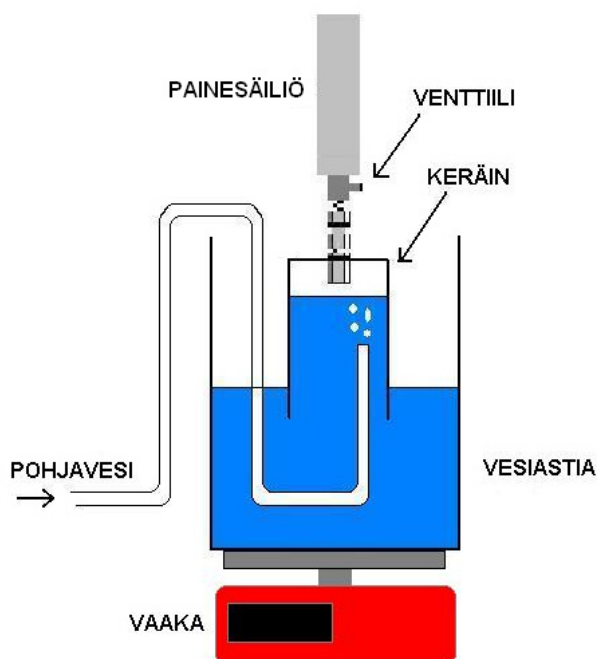
Vettä pumpataan kalvopumpulla näytteenottovälistä säiliöihin, jotka pystyvät säilyttämään näytteenottosyvyydellä vallitsevan paineen. Ennen näytteenottoa näytteenottovälin vesi vaihdetaan esipumppauksella. Esipumppauksella varmistetaan puhtaat ja edustavat näytteet. PAVE-menetelmällä otettujen näytteiden kaasukoostumus ja -konsentraatio analysoidaan laboratoriossa.

Kairanreiän ulkopuolella tapahtuvaan kaasunäytteenottoon kehiteltiin yksinkertainen kaasukeräin (YKK). Alkuperäisenä ajatuksena oli liittää painesäiliö mittalasiin, jota käytetään maanpinnalle pumpattavasta vedestä erottuvan kaasumäärän mittaamiseen. Tällöin olisi mahdollista määrittää samalla kerralla kairanreiästä pumpattavasta vedestä erottuva kaasumäärä sekä ottaa kaasunäyte analysoitavaksi laboratorioon.

Keräimen toimivuuden kokeilemiseksi valmistettiin ensimmäinen versio avoimesta muoviastiasta. Muoviastian pohjaan tehtiin reikä liitintä varten. Liittimenä muoviastian ja painesäiliön välillä on Swagelog-liitin. Keräimen toimivuuden innoittamana tehtiin toinen versio muovisesta mittalasista, jossa on tilavuusasteikko 500 ml:aan asti 10 ml:n jaotuksella. (ks. kuva 3-1)

Ennen näytteenottoa painesäiliö huuhdellaan tyypellä ja imetään tyhjiöpumpulla tyhjäksi. Näytteenottoa varten keräin täytetään kokonaan vedellä, minkä jälkeen se asetetaan osittain vedellä täytettyyn astiaan siten, että avoin pää on veden alla. Pohjavesi pumpataan kalvopumpulla kairanreiän tulpatusta näytteenottovälistä. Pumpattava pohjavesi johdetaan letkun avulla keräimeen. Koska pohjavedestä erottuvat kaasukuplat pyrkivät noustessa vedessä ylöspäin ne jäävät keräimeen. Kun kaasua on kerääntynyt tarpeeksi - vähintään säiliön tilavuuden verran - säiliön venttiili avataan. Säiliössä olevan vakuumin vuoksi säiliö täyttyy kerätyllä kaasulla. Tämän jälkeen venttiili suljetaan ja säiliö viedään laboratorioon analysointia varten.

Laitteistolla voidaan arvioida myös kaasukonsentraatiota. Keräin on varustettu tilavuusasteikolla, joten kerätyn kaasun tilavuus voidaan määrittää. Vesiastian alle sijoitetun vaa'an avulla saadaan selville kaasun keräyksen aikana kertyneen pohjaveden määrä. Kaasun ja veden määrän avulla voidaan laskea kuinka paljon tietystä määrästä pohjavettä erottuu normaali-ilmanpaineessa kaasua. Tässä raportissa esitetyissä tarkasteluissa on oletettu pumpatun pohjaveden tiheydeksi 1 kg/l.



Kuva 3-1. Kaaviokuva kaasunäytteenottolaitteista

Menetelmän ongelmana on, ettei kaikki kaasu erotu pumpatusta pohjavedestä. Laskennallisesti voidaan kyllä arvioida kuinka paljon veteen on ilmanpaineessa jäänyt

kaasuja. Mikäli kaasut eivät ehdi erottua vedestä keräimessä, niin osa pohjavedessä olevista kaasuista, joiden olisi pitänyt erottua ilmanpaineessa, karkaa keräimestä virtaavan pohjaveden mukana pois. Tällöin ei saada täysin tarkkoja tuloksia kaasun koostumuksen ja konsentraation määrittämisestä.

Kaasujen erottumista voidaan helpottaa nostamalla keräin reilusti ylös vesiastian vedenpinnan yläpuolelle. Tällöin keräimeen syntyy alipaine, joka on verrannollinen keräimen vesipinnan ja vesiastian vesipinnan korkeuseroon. Mitä suuremmaksi alipaine saadaan sitä varmemmin kaasut erottuvat pumpattavasta pohjavedestä.

Toisaalta korkealle vesipinnan yläpuolelle nostettu keräin altistaa uusille virhetekijöille. Keräimen ja ilman kosketuspinta-alan kasvaessa keräimen läpi diffuntoituvien kaasujen määrä kasvaa. Myöskin keräimen käsittely hankaloituu merkittävästi keräimen koon ja erityisesti pituuden kasvaessa. Mikäli keräimen tiiviyyttä epäillään ja on vaara, että näyte kontaminoituu ilmalla, voidaan keräin asettaa kokonaan vesiastiassa olevan vesipinnan alle. Tällöin ilmakontaminaation riski pienenee huomattavasti.

3.5 Kaasujen analysointi

Tässä raportissa esitetyt PAVE-näytteet analysoitiin Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy:ssä (IPROY) kaasukromatografilla. Analyysi on kuvattu Posivan työraportissa 2000-50 [5]. Maanpinnalta kerättyjen kaasu-näytteiden koostumus analysoitiin Olkiluodon ydinvoimalaitoksen (TVO:n) laboratoriossa massaspektrometrilla.

Massaspektrometrimenetelmässä painesäiliöön kerätty kaasu vapautetaan hallitusti alipaineistettuun näytteenkäsittely-yksikköön. Näytteenkäsittely-yksiköstä kaasu johdetaan ohutta kapillaaria pitkin suorasyöttösäänvientiin ja edelleen ionilähteeseen. Ionilähteessä kaasun komponentit ionisoituvat. Tämän jälkeen ionit johdetaan ionilähteestä kvadrupolimassa-analysaattoriin, jossa ionit erottuvat massa/varaus -suhteessa. Kvadrupoli päästää detektorille vain yhden massa/varaus -suhteen omaavia ioneja kerrallaan. Törmätessään detektoriin ionit muodostavat virran, jota mitataan. Tällöin massa/varaus -suhteen ja ionien virran perusteella muodostuu spektri. Massaspektrometrillä mitataan kullekin analyytille valitun piikin intensiteettiä /virtaa. Taulukossa 3-1 on esitetty kaasujen analysointiin käytettävät piikit.

Taulukko 3-1. Tutkittavat komponentit ja mittauksessa käytetyt piikit

Komponentti	Mitattava piikki (m/z)
Vety	2
Helium	4
Metaani	15
Etaani	26 tai 30
Typpi	28
Happi	32
Rikkivety	34
Argon	40
Hiilidioksidi	44

Piikin intensiteetti / ionilähteessä syntyvien ionien muodostama ionivirta on riippuvainen vain kunkin analyytin paineesta ionilähteessä muiden parametrien pysyessä vakioina.[13]

Kaasukoostumus lasketaan kaasukomponenttien piikkien intensiteettien avulla. Massaspektrometrin antaman signaalin ja tunnetun kaasukoostumuksen välille voidaan laskea korrelaatiokerroin eli kalibraatiovakio. Kalibraatiovakiot on määritetty tunnetuilla kaasunäytteillä. Kalibraatiovakio lasketaan tunnetun kaasukoostumuksen ja tutkittavan analyytin piikin intensiteetin perusteella. [13]

$$S_A = \frac{I_A}{C_A}, \quad (3-1)$$

S_A = Komponentin A herkkyys [$A \%^{-1}$]

I_A = Komponentin A mitattavan piikin intensiteetti [A]

C_A = Komponentin A pitoisuus näytteessä [%]

Saatu komponentin herkkyys normalisoidaan käyttäen jotakin toista komponenttia herkkyyden normalisointiin. Normalisointiin käytetään yleensä typen herkkyyttä.[13]

$$K_A = \frac{S_A}{S_N}, \quad (3-2)$$

S_N = Typen herkkyys [$A \%^{-1}$]

K_A = kalibraatiovakio

Mitattaessa tuntematonta näytettä komponentin A intensiteetti normalisoidaan kalibraatiovakion avulla. [13]

$$I_{Anorm} = \frac{I_A}{K_A}, \quad (3-3)$$

I_{Anorm} = Komponentin A herkkyys normalisoituna [A]

Laskemalla yhteen kaikkien analysoitavien komponenttien normalisoidut intensiteetit ja suhteuttamalla jokaisen komponentin normalisoitu intensiteetti laskettuun kokonaisintensiteettiin, saadaan laskettua jokaisen komponentin pitoisuus. [13]

$$I_{Kok} = I_{Anorm} + I_{Nnorm} + I_{Bnorm} + I_{Cnorm} + \dots, \quad (3-4)$$

$$C_A = \frac{I_{Anorm}}{I_{kok}} \times 100\%, \quad (3-5)$$

3.6 Maanpinnalta kerätyn kaasunäytteen koostumuksen laskennallinen korjaus

Pohjaveden todellinen kaasukoostumus eroaa pohjavedestä ilmanpaineessa erottuneen kaasun koostumuksesta. Pohjaveteen jää ilmanpaineessa vielä kaasuja. Massaspektrianalyysin perusteella saadun kaasukoostumuksen ja näytteenoton aikana havaittujen vesi- ja kaasumäärien avulla voidaan arvioida paljonko kaasuja jäi pumpattuun pohjaveteen. Lisäksi tulee olla tieto näytteenoton aikana vallinneesta ilmanpaineesta ja lämpötilasta.

Kaasukoostumus kertoo suoraan kaasun komponenttien ainemääräosuudet ja täten myös osapaineosuudet.

Kokonaisainemäärä N voidaan esittää komponenttiensa ainemäärien summana:

$$N = \sum_i n_i . \quad (4-1)$$

Edellä oleva kaava voidaan kertoa puolittain RT/V :llä, koska kaikilla kaasun komponenteilla on sama tilavuus ja lämpötila. Täten saadaan:

$$\frac{NRT}{V} = \sum_i \frac{n_i RT}{V} . \quad (4-2)$$

Kaasujen yleisen tilanyhtälön mukaisesti edellinen voidaan esittää muodossa:

$$P = \sum_i p_i , \quad (4-3)$$

missä P on kokonaispaine ja p_i kaasun komponentin i osapaine. Jakamalla puolittain P :llä saadaan:

$$1 = \sum_i \frac{p_i}{P} , \quad (4-4)$$

jossa p_i/P on kaasun komponentin i osapaineosuus. Massaspektrometrianalyysin tulokset kertovat meille siis kunkin komponentin osapaineosuuden.

Havaitsemalla näytteenoton aikana vallitseva kaasun kokonaispaine voidaan laskea kunkin kaasun komponentin osapaine. Komponentin osapaine saadaan kertomalla kyseisen komponentin osapaineosuus kokonaispaineella. Tässä vaiheessa on huomattava, että näytteenoton aikana havaitusta paineesta on vähennettävä veden höyrynpaineen osuus, mikäli vettä ei huomioida kaasun koostumuksen analyysissä.

Tuntemalla kaasun komponentin Henryn vakio k_H ja osapaine p_i voidaan veteen jääneen kaasun komponentin konsentraatio c_i laskea kaavalla 2-2. Mitatun pohjaveden määrän V_w ja lasketun konsentraation c_i avulla voidaan laskea kuinka suuri ainemäärä n_i^l on jäänyt pohjaveteen:

$$n_i^l = c_i V_w. \quad (4-5)$$

Yleistä kaasujen tilanyhtälöä käyttämällä voidaan laskea erottuneen kaasun komponenttien ainemäärät:

$$n_i^e = \frac{p_i V}{RT}. \quad (4-6)$$

Laskemalla yhteen ainemäärät n_i^e ja n_i^l saadaan tulokseksi pumpatussa pohjavedessä ollut kaasun komponentin i kokonaisainemäärä n_i .

Laskemalla komponenttien kokonaisainemäärä yhteen saadaan koko kaasun kokonaisainemäärä N^c . Nyt voidaan laskea pohjavedessä olleen kaasun todellinen koostumus. Kaasun komponenttien ainemäärosuudet lasketaan jakamalla komponentin kokonaisainemäärä n_i koko kaasun kokonaisainemäärällä N^c .

Pohjaveden suolaisuuden vaikutus kaasun liukoisuuteen jää kuitenkin huomioimatta. Kirjallisuuden mukaan ainakin metaanin liukoisuus heikkenee suolaisuuden kasvaessa [1].

4 TULOKSET

Keräimen 1. versiolla otettiin kaksi näytettä (OL-KR1, 523,2–528,2 m) 16. ja 17.8.2004. Näyte pumpattiin maanpinnalle nk. hoikkapumpun avulla. Hoikkapumpun toimintaperiaate on PAVE-laitteistossa olevan kalvopumpun mukainen. Pumpaus tapahtuu sykleissä, joihin kuuluu täyttö- ja tyhjennysvaihe. Hoikkapumppu on nimensä mukaisesti PAVE-laitteistossa olevaa pumppua kapeampi ja sillä pumpataan vesi putkiston yläosasta. PAVE-laitteiston kalvopumppu sijaitsee näytteenottovälin välittömässä läheisyydessä.

Ensimmäisen näytteenoton aikana hoikkapumppu ei toiminut kunnolla. Vettä tuli hyvin vähän: vain noin 30 ml syklissä (syklin aika 5 min). Tämän vuoksi kaasun keräysajasta tuli pitkä, noin 5 tuntia. Pumpun ongelmat johtuivat pumpun tulppien paineletkussa olevasta vuodosta. Vika korjattiin, jonka jälkeen toinen näytteenotto sujuikin jo huomattavasti helpommin. Vettä tuli noin 100 ml syklissä. Tällä kertaa näytteenotto kesti vain noin 2 tuntia. Tulokset on esitetty Taulukoissa 4-1 ja 4-2. Kaasuanalyyseissä ei tehty taustakorjausta, koska kyseessä oli testinäytteet, joiden oli tarkoitus antaa tietoa ainoastaan menetelmän käyttökelpoisuudesta. Molemmat näytteet mitattiin kaksi kertaa.

Taulukko 4-1. Näytteen OL-KR1, 523,2–528,2 m, 16.8.2004 massaspektrometrillä määritetty koostumus

Mittaus 1	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Tulokset (%)
Vety	1.82E-10	1.77	1.03E-10	0.49
Helium	1.22E-10	0.2667	4.57E-10	2.17
Metaani	1.57E-08	1.299	1.21E-08	57.36
Typpi	8.14E-09	1	8.14E-09	38.70
Happi	9.89E-11	0.84	1.18E-10	0.56
Argon	7.34E-11	1.055	6.96E-11	0.33
Hiilidioksidi	4.17E-11	0.992	4.20E-11	0.20
Etaani	5.30E-11	1.299	4.08E-11	0.19
Mittaus 2	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Tulokset (%)
Vety	2.15E-10	1.77	1.21E-10	0.57
Helium	1.23E-10	0.2667	4.59E-10	2.15
Metaani	1.61E-08	1.299	1.24E-08	57.84
Typpi	8.15E-09	1	8.15E-09	38.15
Happi	1.04E-10	0.84	1.24E-10	0.58
Argon	7.40E-11	1.055	7.01E-11	0.33
Hiilidioksidi	4.25E-11	0.992	4.29E-11	0.20
Etaani	5.29E-11	1.299	4.08E-11	0.19

Taulukko 4-2. Näytteen OL-KR1, 523,2–528,2 m, 17.8.2004 massaspektrometrillä määritetty koostumus

Mittaus 1	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Tulokset (%)
Vety	1.97E-10	1.77	1.12E-10	0.43
Helium	2.38E-10	0.2667	8.94E-10	3.43
Metaani	1.89E-08	1.299	1.45E-08	55.71
Typpi	1.03E-08	1	1.03E-08	39.44
Happi	6.92E-11	0.84	8.24E-11	0.32
Argon	8.52E-11	1.055	8.08E-11	0.31
Hiilidioksidi	4.52E-11	0.992	4.56E-11	0.17
Etaani	6.36E-11	1.299	4.90E-11	0.19
Mittaus 2	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Tulokset (%)
Vety	2.16E-10	1.77	1.22E-10	0.49
Helium	2.16E-10	0.2667	8.10E-10	3.26
Metaani	1.80E-08	1.299	1.39E-08	55.87
Typpi	9.78E-09	1	9.78E-09	39.38
Happi	6.69E-11	0.84	7.96E-11	0.32
Argon	8.31E-11	1.055	7.87E-11	0.32
Hiilidioksidi	4.32E-11	0.992	4.35E-11	0.18
Etaani	6.04E-11	1.299	4.65E-11	0.19

Ensimmäisten näytteenottojen jälkeen käytettiin keräimen 2. versiota. Seuraavat näytteet päätettiin ottaa kairanreiästä OL-KR27 syvyydeltä 124–135 m ja kairanreiästä OL-KR13 syvyydeltä 362–365 m, koska kyseisistä näytteenottoväleistä oli tulossa myös PAVE-näyte. Tämä mahdollisti uudella näytteenottomenetelmällä saatujen tulosten vertailun.

4.1 Näytteenotto kairanreiästä OL-KR27 syvyydeltä 124-135 m

Vettä pumpattiin maanpinnalle PAVE-laitteistoon kuuluvalla kalvopumpulla. Pumppaus syklin pituus oli 7 minuuttia: 5 minuuttia pumpun täyttö ja 2 minuuttia tyhjennys. Näytteenottoja suoritettiin kaiken kaikkiaan kuusi: päivinä 10., 14., 20., 24. ja 27. syyskuuta 2004.

Ainoastaan neljä kuudesta näytteestä pystyttiin analysoimaan ilman ongelmia. Massaspektrometrilaitteistossa ilmenneen vuodon takia menetettiin 20.9.2004 kerätty näyte ja inhimillisen erehdyksen vuoksi 24.9.2004 kerätty näyte.

Taulukossa 4-3 on esitetty näytteenottojen aikana tehdyt havainnot kaasu- ja pohjavesimäärästä sekä niiden perusteella lasketut kaasumäärät litraa vettä kohden (kaasukonsentraatio). Taulukossa on esitetty myös näytteenottoihin käytetyt ajat sykleineen. Näytteet on nimetty näytteenottopäivämäärän mukaan. Esimerkiksi

10.9.2004 kerätty näyte on 100904. Mikäli näytteitä on kerätty samana päivänä enemmän, näytteiden nimien perään on lisätty aakkosjärjestyksessä juokseva kirjain.

Taulukko 4-3. *Näytteenottojen aikana tehdyt havainnot sekä niiden perusteella lasketut havaitut konsentraatiot.*

Näyte	Syklit	Klo	Aika (min)	Kaasu (ml)	Vesi (kg)	Kaasukonsentraatio (ml/l H ₂ O)
100904	5096–5115	12:32–14:52	140	260	14,96	17,4
140904	5918–5932	12:26–14:11	105	180	11,20	16,1
270904a	8594–8608	13:10–14:55	105	140	11,46	12,2
270904b	8610–8623	15:01–16:39	98	140	10,70	13,1

Keräimen sijaintia muuteltiin kaasun erottumisen testaamiseksi. Ensimmäisiä näytteitä (100904 ja 140904) kerättäessä keräin oli kokonaan vesiastiassa olevan veden pinnan alapuolella ja viimeisissä näytteenotoissa 24.9.2004 ja 27.9.2004 keräin oli mahdollisimman ylhäällä vedenpinnan yläpuolella. Teorian mukaan vedessä olevan kaasun on helpompaa erottua alemmassa paineessa. Nostamalla keräintä vedenpinnan yläpuolelle, keräimen sisällä vallitsevaa painetta voidaan alentaa. Keräimen nostolla ei havaittu olevan teorian mukaista efektiä. Keräimen lyhyiden vuoksi ero oli luultavasti mahdoton havaita. Kuitenkin määritetyistä kaasujen koostumuksista (taulukko 4-6) näkyy selvästi mitkä näytteenotot on suoritettu keräin vedenpinnan yläpuolella (270904a ja 270904b). Suuri happipitoisuus kielii keräimessä olevasta vuodosta. Keräin vedenpinnan yläpuolella kerätyt näytteet ovat kontaminoituneet ilmalla (suuri happipitoisuus).

Kaasunäytteiden koostumus analysoitiin TVO:n laboratoriossa. Analysointi suoritettiin pitämällä säiliö auki koko mittauksen ajan. Säiliöstä lähtevä linjasto menee suoraan massaspektrometrille. Näytteet mitattiin kolme kertaa. Kullakin mittauksella käytettiin eri vahvistusta. Analyysien tulokset on esitetty liitteessä A. Esimerkin vuoksi taulukossa 4-4 on esitetty näytteen 100904 massaspektrometrianalyysitulokset.

Taulukko 4-4. Näytteen 100904 massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,00E-11	1,77	1,69E-11	0,04
Helium	4	1,28E-10	0,2667	4,80E-10	1,06
Metaani	15	8,17E-11	1,299	6,29E-11	0,14
Typpi	28	4,43E-08	1	4,43E-08	97,41
Happi	32	9,87E-11	0,84	1,17E-10	0,26
Argon	40	4,24E-10	1,055	4,02E-10	0,88
Hiilidioksidi	44	7,53E-11	0,992	7,59E-11	0,17
Etaani	30	2,74E-11	1,299	2,11E-11	0,05
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,08E-11	1,77	1,74E-11	0,04
Helium	4	1,29E-10	0,2667	4,83E-10	1,07
Metaani	15	8,23E-11	1,299	6,34E-11	0,14
Typpi	28	4,38E-08	1	4,38E-08	97,39
Happi	32	9,86E-11	0,84	1,17E-10	0,26
Argon	40	4,22E-10	1,055	4,00E-10	0,89
Hiilidioksidi	44	7,29E-11	0,992	7,35E-11	0,16
Etaani	30	2,66E-11	1,299	2,05E-11	0,05
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,15E-11	1,77	1,78E-11	0,04
Helium	4	1,31E-10	0,2667	4,91E-10	1,08
Metaani	15	8,32E-11	1,299	6,41E-11	0,14
Typpi	28	4,44E-08	1	4,44E-08	97,40
Happi	32	9,75E-11	0,84	1,16E-10	0,25
Argon	40	4,28E-10	1,055	4,06E-10	0,89
Hiilidioksidi	44	7,25E-11	0,992	7,31E-11	0,16
Etaani	30	2,61E-11	1,299	2,01E-11	0,04

Näytteenottojen aikana tehtyjen havaintojen ja massaspektrometrianalyysitulosten avulla saadut laskennallisesti korjatut tulokset on esitetty liitteessä A. Erottuneen kaasun komponenttien ainemääriä laskettaessa käytettiin lämpötilalle arvoa 287 K ja kokonaispaineelle arvoa 100 000 Pa. Esimerkin vuoksi taulukossa 4-5 on esitetty näytteen 100904 laskennallisesti korjatut tulokset. Lisäksi taulukossa on esitetty kolmen mittauksen keskiarvo, jota käytetään näytteen 100904 lopullisena tuloksena.

Taulukko 4-5. *Näytteen 100904 laskennallisesti korjatut kaasukoostumus ja -konsentraatio.*

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,04	0,04	0,04	0,04
Helium	0,77	0,79	0,79	0,78
Metaani	0,21	0,21	0,21	0,21
Typpi	92,68	92,73	92,83	92,75
Happi	0,37	0,37	0,37	0,37
Argon	1,33	1,34	1,34	1,34
Hiilidioksidi	4,51	4,42	4,34	4,42
Etaani	0,09	0,09	0,08	0,09
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	36,7	36,7	36,7	36,7

Näytteenottovälistä OL-KR27/124-135 m otettujen näytteiden havaitut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot on esitetty taulukossa 4-6 ja laskennallisesti korjatut taulukossa 4-7. Lisäksi taulukoissa on esitetty kaikkien näytteenottovälistä otettujen näytteiden kaasukoostumusten ja -konsentraatioiden keskiarvot. Suluissa olevat luvut ovat keskihajontoja.

Taulukko 4-6. *Näytteenottovälistä OL-KR27/124-135 m otettujen näytteiden havaitut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot.*

Näyte	100904	140904	270904a	270904b	Keskiarvo
Kaasukoostumus (%)					
Vety	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04 (0)
Helium	1,07	1,15	1,15	1,13	1,12 (0,04)
Metaani	0,14	0,09	0,08	0,08	0,10 (0,03)
Typpi	97,40	97,56	96,75	97,09	97,2 (0,4)
Happi	0,26	0,16	0,95	0,65	0,5 (0,4)
Argon	0,89	0,87	0,89	0,89	0,88 (0,01)
Hiilidioksidi	0,16	0,07	0,10	0,07	0,10 (0,04)
Etaani	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05 (0,01)
Kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)					
	17,38	16,07	12,22	13,08	15 (3)

Taulukko 4-7. *Näytteenottovälistä OL-KR27/124-135 m otettujen näytteiden laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot.*

Näyte	100904	140904	270904a	270904b	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)					
Vety	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04 (0)
Helium	0,79	0,85	0,81	0,81	0,81 (0,03)
Metaani	0,21	0,15	0,14	0,14	0,16 (0,04)
Typpi	92,75	95,27	92,91	94,19	94 (2)
Happi	0,37	0,23	1,45	0,99	0,8 (0,6)
Argon	1,34	1,36	1,44	1,43	1,39 (0,05)
Hiilidioksidi	4,42	1,96	3,12	2,30	3 (1)
Etaani	0,09	0,13	0,10	0,10	0,10 (0,02)
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)					
	36,77	34,43	30,94	31,50	33 (3)

4.2 Näytteenotto kairanreiästä OL-KR13 syvyydeltä 362-365 m

Kairanreiästä OL-KR13 syvyydeltä 362-365 m otettiin yhteensä neljä näytettä päivinä 8.10.2004 ja 11.10.2004. Vettä pumpattiin ylös PAVE-menetelmään kuuluvalla kalvopumpulla. Keräin asetettiin kunakin näytteenottokertana ilmakontaminaation estämisen vuoksi kokonaan veden alle.

Taulukossa 4-8 on esitetty mittauksen aikana tehdyt havainnot kaasu- ja pohjavesimääristä sekä niiden perusteella lasketut havaitut kaasukonsentraatiot. Taulukossa on esitetty myös näytteenottoihin käytetyt ajat sykleineen.

Taulukko 4-8. *Näytteenottojen aikana tehdyt havainnot sekä niiden perusteella lasketut havaitut konsentraatiot.*

Näyte	Syklit	Klo	Aika (min)	Kaasu (ml)	Vesi (kg)	Kaasukonsentraatio (ml/l H ₂ O)
081004a	8572–8554	07:44–09:19	95	150	15,38	9,8
081004b	8633–8612	12:34–14:24	110	200	17,86	11,2
111004a	9448–9429	08:39–10:19	100	170	15,42	11,0
111004b	9493–9471	12:09–13:59	110	190	18,50	10,3

Näytteille tehtyjen analyysien tulokset on esitetty liitteessä B. Näytteiden havaitut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot on esitetty taulukossa 4-9 ja laskennallisesti korjatut taulukossa 4-10. Lisäksi taulukoissa on esitetty kaikkien näytteenottovälistä otettujen näytteiden kaasukoostumusten ja -konsentraatioiden keskiarvot. Suluissa olevat luvut ovat keskihajontoja.

Taulukko 4-9. Näytteenottovälistä OL-KR13/362-365 m otettujen näytteiden havaitut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot.

Näyte	081004a	081004b	111004a	111004b	Keskiarvo
Kaasukoostumus (%)					
Vety	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11 (0,01)
Helium	14,62	14,72	12,62	14,51	14 (1)
Metaani	14,30	14,41	13,30	15,51	14,4 (0,9)
Typpi	70,05	69,87	73,22	69,02	71 (2)
Happi	0,08	0,05	0,04	0,04	0,05 (0,02)
Argon	0,64	0,65	0,55	0,62	0,61 (0,05)
Hiilidioksidi	0,17	0,17	0,15	0,16	0,16 (0,01)
Etaani	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03 (0)
Kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)					
	9,75	11,20	11,00	10,30	10,6 (0,7)

Taulukko 4-10. Näytteenottovälistä OL-KR13/362-365 m otettujen näytteiden laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot.

Näyte	081004a	081004b	111004a	111004b	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)					
Vety	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11 (0)
Helium	9,10	9,42	8,12	9,08	8,9 (0,6)
Metaani	22,34	22,16	20,66	23,98	22 (2)
Typpi	61,78	62,05	65,60	60,76	63 (2)
Happi	0,12	0,07	0,06	0,06	0,08 (0,03)
Argon	0,98	0,98	0,84	0,94	0,94 (0,07)
Hiilidioksidi	5,52	5,15	4,57	5,00	5,1 (0,4)
Etaani	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06 (0)
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)					
	30,80	32,26	31,77	31,46	31,6 (0,7)

4.3 Näytteenotto kairanreiästä OL-KR27 syvyydeltä 503-506 m

Kairanreiästä OL-KR27 syvyydeltä 503-506 m otettiin yhteensä kuusi näytettä päivinä 28.12.2004, 29.12.2004 ja 07.01.2005. Vettä pumpattiin ylös PAVE-laitteistoon kuuluvalla kalvopumpulla. Keräin asetettiin kunakin näytteenottokertana kokonaan veden alle. 28.12.2004 otetut näytteet jätettiin kuitenkin tarkastelujen ulkopuolelle. Tuntemattomasta syystä vesimäärän mittaamiseen käytetty vaaka ei toiminut kunnolla, joten luotettavia tuloksia ei saatu.

Taulukossa 4-11 on esitetty mittausten aikana tehdyt havainnot kaasu- ja pohjavesimääristä sekä niiden perusteella lasketut havaitut kaasukonsentraatiot. Taulukossa on esitetty myös näytteenottoihin käytetyt ajat sykleineen.

Taulukko 4-11. *Näytteenottojen aikana tehdyt havainnot sekä niiden perusteella lasketut havaitut konsentraatiot.*

Näyte	Syklit	Klo	Aika (min)	Kaasu (ml)	Vesi (kg)	Kaasukonsentraatio (ml/l H ₂ O)
291204a	8162	15:24–15:30	6	170	0,90	189
291204b	8163	15:32–15:36	4	170	0,94	181
070105a	10286–10287	11:54–12:03	9	300	1,56	192
070105b	10288–10289	12:06–12:15	9	210	1,12	188

Näytteille tehtyjen analyysien tulokset on esitetty liitteessä C. Näytteiden havaitut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot on esitetty taulukossa 4-12 ja laskennallisesti korjatut taulukossa 4-13. Lisäksi taulukoissa on esitetty kaikkien näytteenottovälistä otettujen näytteiden kaasukoostumusten ja -konsentraatioiden keskiarvot. Suluissa olevat luvut ovat keskihajontoja.

Taulukko 4-12. *Näytteenottovälistä OL-KR27/503-506 m otettujen näytteiden havaitut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot.*

Näyte	291204a	291204b	070105a	070105b	Keskiarvo
Kaasukoostumus (%)					
Vety	0,52	0,52	0,47	0,56	0,52 (0,05)
Helium	4,88	4,88	4,65	4,70	4,8 (0,1)
Metaani	61,36	62,13	62,14	61,88	61,9 (0,4)
Typpi	31,69	30,95	31,20	31,26	31,3 (0,3)
Happi	0,12	0,14	0,19	0,23	0,17 (0,05)
Argon	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29 (0)
Hiilidioksidi	0,05	0,08	0,03	0,04	0,05 (0,02)
Etaani	1,08	1,02	1,01	1,05	1,04 (0,03)
Kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)					
	188,89	180,85	192,31	187,50	187 (5)

Taulukko 4-13. Näytteenottovälistä OL-KR27/503-506 m otettujen näytteiden laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot.

Näyte	291204a	291204b	070105a	070105b	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)					
Vety	0,49	0,49	0,44	0,52	0,49 (0,03)
Helium	4,37	4,35	4,17	4,20	4,3 (0,1)
Metaani	63,60	64,35	64,37	64,14	64,1 (0,4)
Typpi	29,64	28,81	29,22	29,22	29,2 (0,4)
Happi	0,13	0,14	0,20	0,24	0,18 (0,05)
Argon	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30 (0)
Hiilidioksidi	0,27	0,44	0,17	0,20	0,3 (0,1)
Etaani	1,20	1,13	1,12	1,17	1,16 (0,04)
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)					
	228,78	220,91	232,31	227,36	227 (5)

4.4 Näytteenotto kairanreiästä OL-KR29 syvyydeltä 800-865 m

Kairanreiästä OL-KR29 syvyydeltä 800-865 m otettiin yhteensä kuusi näytettä päivinä 05.04.2005, 06.04.2005 ja 08.04.2005. Vettä pumpattiin ylös PAVE-laitteistoon kuuluvalla kalvopumpulla. Keräin asetettiin kunakin näytteenottokertana kokonaan veden alle. 05.04.2005 otetut näytteet jätettiin kuitenkin tarkastelujen ulkopuolelle massaspektrometrilaitteistossa havaitun ilmakontaminaation vuoksi.

Taulukossa 4-14 on esitetty mittausten aikana tehdyt havainnot kaasua ja pohjavesimääristä sekä niiden perusteella lasketut havaitut kaasukonsentraatiot. Taulukossa on esitetty myös näytteenottoihin käytetyt ajat sykleineen.

Taulukko 4-14. Näytteenottojen aikana tehdyt havainnot sekä niiden perusteella lasketut havaitut konsentraatiot.

Näyte	Syklit	Klo	Aika (min)	Kaasu (ml)	Vesi (kg)	Kaasukonsentraatio (ml/l H ₂ O)
050405a	5066	13:10–13:17	7	420	0,16	2625
050405b	5068	13:25–13:33	8	280	0,28	1000
060405a	5244	12:53–13:01	8	220	0,39	564
060405b	5249	13:29–13:37	8	440	0,19	2316
080405a	5602	12:33–12:41	8	340	0,24	1417
080405b	5604	12:49–12:57	8	250	0,58	431

Näytteille tehtyjen analyysien tulokset on esitetty liitteessä D. Näytteiden havaitut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot on esitetty taulukossa 4-15 ja laskennallisesti korjatut taulukossa 4-16. Lisäksi taulukoissa on esitetty kaikkien näytteenottovälistä

otettujen näytteiden kaasukoostumusten ja –konsentraatioiden keskiarvot. Suluissa olevat luvut ovat keskihajontoja.

Taulukko 4-15. *Näytteenottovälistä OL-KR29/800-865 m otettujen näytteiden havaitut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot.*

Näyte	060405a	060405b	080405a	080405b	Keskiarvo
Kaasukoostumus (%)					
Vety	0,77	0,75	0,75	0,81	0,77 (0,03)
Helium	0,72	0,96	0,96	0,59	0,8 (0,2)
Metaani	73,38	71,43	70,39	71,17	72 (2)
Typpi	20,36	22,36	23,27	22,57	22 (2)
Happi	0,07	0,03	0,04	0,04	0,05 (0,02)
Argon	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09 (0)
Hiilidioksidi	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05 (0,01)
Etaani	4,56	4,33	4,46	4,69	4,5 (0,2)
Kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)					
	564,10	2315,79	1416,67	431,03	1200 (900)

Taulukko 4-16. *Näytteenottovälistä OL-KR29/800-865 otettujen näytteiden laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset ja -konsentraatiot.*

Näyte	060405a	060405b	080405a	080405b	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)					
Vety	0,75	0,75	0,74	0,78	0,76 (0,02)
Helium	0,69	0,95	0,94	0,56	0,8 (0,2)
Metaani	73,83	71,56	70,61	71,81	72 (2)
Typpi	19,72	22,19	22,99	21,69	22 (2)
Happi	0,07	0,03	0,04	0,04	0,05 (0,02)
Argon	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09 (0)
Hiilidioksidi	0,14	0,07	0,07	0,13	0,10 (0,04)
Etaani	4,70	4,37	4,53	4,89	4,6 (0,3)
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)					
	621,99	2435,90	1525,09	483,56	1300 (900)

5 TULOSTEN VERTAILU JA ARVIOINTI

Yksinkertaisella kaasukeräimellä (YKK) kerätyt näytteet otettiin näytteenottoväleistä, joista otettiin myös PAVE-näyte. PAVE-näytteet toimivat hyvänä vertailukohtana uudella menetelmällä kerättyjen näytteiden tulosten arvioinnissa.

Massaspektrometrillä tehdyt mittaukset olivat toistettavia. Samalle näytteelle tehdyt kolme mittausta eivät poikenneet merkittävästi toisistaan yhdenkään näytteen kohdalla. Suuria eroavaisuuksia ei ollut myöskään samasta näytteenottovälistä otettujen näytteiden kaasukoostumusten välillä. Samasta näytteenottovälistä otettujen näytteiden kaasukonsentraatiot olivat myös hyvin toistettavia. Ainoastaan viimeisestä näytteenottovälistä (OL-KR29/800-865 m) otettujen näytteiden kaasukonsentraatioiden välillä on suurta vaihtelua. Selityksenä saattaa olla erittäin suuri kaasukonsentraatio, jolloin pohjavedestä erottuvat kaasut saattavat kerääntyä suuriksi kupliksi esim. näytteenottoletkuun. Usean näytteen kaasukonsentraatioiden keskiarvo antaa kuitenkin melko luotettavan kuvan näytteenottovälissä olevan pohjaveden kaasukonsentraatiosta.

Taulukkoon 5.1 on kerätty tutkimuksissa mukana olleiden näytteenottovälien pohjavesien kaasukoostumukset ja –konsentraatiot. Taulukossa on sekä YKK-tulokset että PAVE-tulokset. YKK-tulokset ovat näytteenottoväleistä otettujen näytteiden tulosten keskiarvoja, jotka ovat esitetty erikseen taulukoissa 4-7, 4-10, 4-13 ja 4-16. PAVE-tulokset ovat IPROY:ltä saatuja. IPROY:llä oli tutkittavana kustakin näytteenottovälistä kaksi näytettä, joista toinen oli kerätty säiliöön, jossa vastapaine kaasuna oli Argon ja toinen säiliöön, jossa vastapaine kaasuna oli typpi.

YKK- ja PAVE-menetelmillä määritetyt tulokset ovat samansuuntaisia, vaikkakin eroja niin kaasukoostumusten kuin kaasukonsentraatioidenkin osalta löytyy. Näyttää siltä, että kun konsentraatio on suhteellisen pieni (noin 100 ml/l PAVE-menetelmällä) kaasukoostumukset ovat erittäin hyvin linjassa keskenään. Toisaalta, kun kaasukonsentraatio on suhteellisen suuri, niin kaasukonsentraatiot ovat suhteellisen lähellä toisiaan. Tällöin kuitenkin kaasukoostumukset eroavat jonkin verran toisistaan.

Kaasukonsentraatioiden vertailussa havaittuihin eroihin todennäköisin syy on maanpinnalle pumpatun veden ylikylläisyys kaasujen suhteen. Laskennallisissa korjauksissa oletettiin veden olevan kylläinen; ei ylikylläinen. Kaikki kaasut eivät välttämättä ehdi erottua vedestä ennen kuin se poistuu keräimestä. Tällöin osa kaasumäärästä jää havaitsematta. Havaitsematta jäävän kaasun merkittävyys pienenee veden kaasukonsentraation kasvaessa, koska sen suhteellinen osuus pienenee havaittuun kaasumäärään nähden.

Outoa on, että pienen kaasukonsentraation ollessa kyseessä, eri menetelmillä määritetyt kaasukoostumukset ovat erittäin lähellä toisiaan. Asian olettaisi olevan päinvastoin, koska suuren kaasukonsentraation ollessa kyseessä, YKK-menetelmässä laskennallisen kaasumäärän osuus kokonaiskaasumäärästä on suhteellisen pieni.

Kaiken kaikkiaan tulokset vaikuttavat järkeviltä. Kaasukonsentraatio kasvaa selvästi näytteenotto­syvyyden mukana. Myös kaasukoostumukset ovat Olkiluodossa aikaisemmin tehtyjen pohjavesitutkimuksien mukaisia: reiluun 300 m:n syvyyteen asti kaasun pääkomponenttina on typpi ja 300 m:n jälkeen metaani.

Taulukko 5-1. Pohjaveden kaasukoostumus ja –konsentraatio neljästä eri näyteenottovälistä YKK- ja PAVE-menetelmällä. YKK-tulokset ovat neljän näytteen tulosten keskiarvoja.

Näyteenottoväli	KR27 / 124-135 m			KR13 / 362-365 m			KR27 / 503-506 m			KR29 / 800-865 m		
	YKK	PAVE Ar	PAVE N ₂	YKK	PAVE Ar	PAVE N ₂	YKK	PAVE Ar	PAVE N ₂	YKK	PAVE Ar	PAVE N ₂
Kaasukoostumus (%)												
Vety	0,04 (0)	<0,001	<0,001	0,11 (0)	<0,001	<0,001	0,49 (0,03)	0,001	0,022	0,76 (0,02)	0,024	0,0085
Helium	0,81 (0,03)	0,39	0,35	8,9 (0,6)	6,0	4,8	4,3 (0,1)	2,3	2,4	0,8 (0,2)	1,4	1,4
Metaani	0,16 (0,04)	0,16	0,15	22 (2)	22	25	64,1 (0,4)	70	70	72 (2)	77	79
Typpi	94 (2)	93	94	63 (2)	66	64	29,2 (0,4)	24	23	22 (2)	17	15
Happi	0,8 (0,6)	0,12	0,069	0,08 (0,03)	0,081	0,089	0,18 (0,05)	0,052	0,058	0,05 (0,02)	0,34	0,18
Argon	1,39 (0,05)	1,7	1,3	0,94 (0,07)	1,4	0,96	0,30 (0)	0,58	1,2	0,09 (0)	0,32	0,25
Hiiidioksidi	3 (1)	1,9	1,3	5,1 (0,4)	1,9	2,9	0,3 (0,1)	0,044	0,086	0,10 (0,04)	0,0036	0,0038
Etaani	0,10 (0,02)	<0,001	<0,001	0,06 (0)	0,15	0,19	1,16 (0,04)	0,41	0,42	4,6 (0,3)	1,5	1,7
Kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)												
	33 (3)	103	84	31,6 (0,7)	129	100	227 (5)	322	238	1300 (900)	1186	1140

6 YHTEENVETO

Edellä kuvattu YKK-menetelmä antoi yksinkertaisuudestaan huolimatta yllättävän hyviä tuloksia. Tehdyt tutkimukset osoittavat, että menetelmällä saadaan vertailukelpoista tietoa pohjavesien kaasukoostumuksista ja –konsentraatioista. Menetelmän käytöllä on kuitenkin rajoituksensa. Käyttö edellyttää, että kairanreiän ulkopuolelle pumpattavasta vedestä erottuu kaasuja. Kaasuja ei kuitenkaan erotu, mikäli vesi on maanpinnalle pumpattaessa tasapainossa tai alikylläinen siihen liuenneiden kaasujen suhteen. Tähän seikkaan vedoten PAVE-menetelmä on ylivertainen YKK-menetelmään verrattuna, sillä PAVE-menetelmällä saadaan tietoa myös kaasun suhteen alikylläisistä pohjavesistä.

Tutkimuksissa tehdyt näytteenotot suoritettiin varsin hiomattomalla laitteistolla. Lisäksi ainoastaan käytössä olleet painesäiliöt huuhdeltiin näytteen ilmakontaminaation estämiseksi. Muita laitteiston osia tai vesisäiliössä käytettyä vettä ei suojattu millään lailla. Keräin oli erikoishuomiossa ilmakuplien osalta. Aina ennen näytteenottoja varmistettiin, ettei keräimessä ollut näkyviä ilmakuplia. Käytetyssä vedessä kuitenkin oletettavasti oli liuenneena ilmaa.

Laitteistossa esiintyi ongelmia. Keräin vuoti hieman liitoksestaan ja käytetty vaaka ei aina toiminut moitteetta. Ongelmia ja virhetekijöitä pystytään vähentämään huomattavasti kehittämällä laitteistoa. Tutkimusten aikana laitteistoa ei suuremmin kehitetty, koska tutkimusten tarkoituksena oli vasta testata menetelmän perusidean toimivuutta.

YKK-menetelmä näyttäisi olevan käyttökelpoinen menetelmä PAVE-menetelmän rinnalla. YKK-menetelmän suurimpia etuja ovat näytteenoton nopeus sekä se, että menetelmällä voidaan tehdä näytteenottoja myös monitulpatuista kairanrei'istä purkamatta tulppauksia. Näissä tutkimuksissa oli lähinnä PAVE-laitteiston pumpulla suoritettuja näytteenottoja, joten monitulpatuista rei'istä hoikkapumpulla tehtävät näytteenotot vaativat lisätutkimuksia. Kuitenkin ensimmäiset näytteenotot (ks. taulukot 4-1 ja 4-2) osoittavat, että näytteenotto voidaan suorittaa myös hoikkapumpulla. Suhteellisen suuret happipitoisuudet ovat keräimen 1. version huonouden syytä. Varmuus YKK-menetelmän toimivuudesta monitulpatuissa kairanrei'issä saadaan ainoastaan tekemällä lisää tutkimuksia. Posivalla on ympäri vuoden käynnissä oleva ohjelma pohjavesivesinäytteenotoille. Liittämällä YKK-menetelmällä otettu kaasunäyte vesinäytteenottojen yhteyteen saadaan vähällä lisävaivalla kattava aineisto lisätutkimuksia varten.

LÄHDELUETTELO

- [1] Duan, Z., Møller, N., Greenberg, J. & Weare, J.H. (1992) The prediction of methane solubility in natural waters to high ionic strength from 0 to 250 °C and from 0 to 1600 bar. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56, 1451-1460.
- [2] Gascoyne, M. (2000) Dissolved Gases in Groundwaters at Olkiluoto. Posiva Oy, Working Report 2000-49.
- [3] Gascoyne, M. (2002) Methods of sampling and analysis of dissolved gases in deep groundwaters. Posiva Oy, Working Report 2002-21.
- [4] Gascoyne, M. (2005) Dissolved Gases in Groundwater at Olkiluoto. Posiva Oy, Working Report 2005-56.
- [5] Karttunen, V., Sellge, R., Mäntynen, M. & Alhoniemi, S. (2000) Paineellisella vesinäytteiden ottolaitteistolla (PAVE) otettujen kaasunäytteiden edustavuustarkastelu. Posiva Oy, Työraportti 2000-50.
- [6] Lampén, P. & Snellman, M. (1993) Summary report on groundwater chemistry. Nuclear Waste Commission of Finnish Power Companies, Report YJT-03-14.
- [7] Pitkänen, P., Snellman, M. & Leino-Forsman, H. (1994) Geochemical modelling of the groundwater at the Olkiluoto site. Nuclear Waste Commission of Finnish Power Companies, Report YJT-94-10.
- [8] Pitkänen, P., Snellman, M. & Vuorinen, U. (1996) On the origin and chemical evolution of groundwater at the Olkiluoto site. Posiva Oy, Report POSIVA-96-04.
- [9] Pitkänen, P., Luukkonen, A., Ruotsalainen, P., Leino-Forsman, H. & Vuorinen, U. (1999) Geochemical modelling of groundwater evolution and residence time at the Olkiluoto site. Posiva Oy, Report POSIVA-98-10.
- [10] Sander, R. (1999) Compilation of Henry's Law Constants for Inorganic and Organic Species of Potential Importance in Environmental Chemistry. Max-Planck Institute of Chemistry.
<http://www.mpch-mainz.mpg.de/~sander/res/henry.html>
- [11] Seppänen, R., Tiihonen, S., Kervinen, M., Korpela, R., Mustonen, L., Haavisto, A., Soininen, M. & Varho, K. (1996) MAOL-taulukot. Otava.

- [12] Snellman, M., Helenius, J., Mäkinen, R. & Rajala, R. (1995) Groundwater sampling of the multipackered boreholes during 1993-1995 at Olkiluoto, Eurajoki (in Finnish with an English abstract), Teollisuuden Voima Oy, Site Investigations, Work Report PATU 95-97.
- [13] (2001) Software Quadstar 422, Documentation, Pfeiffer Vacuum, BG 805 994 BE (0111).
- [14] Ruotsalainen, P. & Snellman, M. (1996) Hydrogeochemical baseline characterisation at Romuvaara, Kivetty and Olkiluoto. Posiva Oy, Work Report PATU-96-01e.
- [15] Ruotsalainen, P., Alhonmäki-Aalonen, S., Aalto, E., Helenius, J. & Sellge, R. (1996) Development of the pressurised groundwater sampling equipment (in Finnish with an English abstract). Posiva Oy, Work report PATU-96-82.

LIITTEET

LIITE A: OL-KR27/124-135 m näytteiden tulokset*Taulukko A-1. Näytteen 100904 massaspektrometrillä määritetty koostumus.*

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,00E-11	1,77	1,69E-11	0,04
Helium	4	1,28E-10	0,2667	4,80E-10	1,06
Metaani	15	8,17E-11	1,299	6,29E-11	0,14
Typpi	28	4,43E-08	1	4,43E-08	97,41
Happi	32	9,87E-11	0,84	1,17E-10	0,26
Argon	40	4,24E-10	1,055	4,02E-10	0,88
Hiilidioksidi	44	7,53E-11	0,992	7,59E-11	0,17
Etaani	30	2,74E-11	1,299	2,11E-11	0,05
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,08E-11	1,77	1,74E-11	0,04
Helium	4	1,29E-10	0,2667	4,83E-10	1,07
Metaani	15	8,23E-11	1,299	6,34E-11	0,14
Typpi	28	4,38E-08	1	4,38E-08	97,39
Happi	32	9,86E-11	0,84	1,17E-10	0,26
Argon	40	4,22E-10	1,055	4,00E-10	0,89
Hiilidioksidi	44	7,29E-11	0,992	7,35E-11	0,16
Etaani	30	2,66E-11	1,299	2,05E-11	0,05
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,15E-11	1,77	1,78E-11	0,04
Helium	4	1,31E-10	0,2667	4,91E-10	1,08
Metaani	15	8,32E-11	1,299	6,41E-11	0,14
Typpi	28	4,44E-08	1	4,44E-08	97,40
Happi	32	9,75E-11	0,84	1,16E-10	0,25
Argon	40	4,28E-10	1,055	4,06E-10	0,89
Hiilidioksidi	44	7,25E-11	0,992	7,31E-11	0,16
Etaani	30	2,61E-11	1,299	2,01E-11	0,04

Taulukko A-2. Näytteen 100904 laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,04	0,04	0,04	0,04
Helium	0,77	0,79	0,79	0,78
Metaani	0,21	0,21	0,21	0,21
Typpi	92,68	92,73	92,83	92,75
Happi	0,37	0,37	0,37	0,37
Argon	1,33	1,34	1,34	1,34
Hiilidioksidi	4,51	4,42	4,34	4,42
Etaani	0,09	0,09	0,08	0,09
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	36,7	36,7	36,7	36,7

Taulukko A-3. Näytteen 140904 massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,63E-11	1,77	1,49E-11	0,03
Helium	4	1,34E-10	0,2667	5,03E-10	1,15
Metaani	15	5,29E-11	1,299	4,07E-11	0,09
Typpi	28	4,27E-08	1	4,27E-08	97,55
Happi	32	5,88E-11	0,84	7,00E-11	0,16
Argon	40	4,03E-10	1,055	3,82E-10	0,87
Hiilidioksidi	44	2,99E-11	0,992	3,02E-11	0,07
Etaani	30	3,87 ^E -11	1,299	2,98E-11	0,07
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,88E-11	1,77	1,63E-11	0,04
Helium	4	1,27E-10	0,2667	4,78E-10	1,14
Metaani	15	5,02E-11	1,299	3,86E-11	0,09
Typpi	28	4,07E-08	1	4,07E-08	97,57
Happi	32	5,50E-11	0,84	6,54E-11	0,16
Argon	40	3,80E-10	1,055	3,60E-10	0,86
Hiilidioksidi	44	2,77E-11	0,992	2,79E-11	0,07
Etaani	30	3,59 ^E -11	1,299	2,76E-11	0,07
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,77E-11	1,77	1,56E-11	0,04
Helium	4	1,19E-10	0,2667	4,48E-10	1,14
Metaani	15	4,83E-11	1,299	3,72E-11	0,10
Typpi	28	3,82E-08	1	3,82E-08	97,56
Happi	32	5,04E-11	0,84	6,00E-11	0,15
Argon	40	3,59E-10	1,055	3,41E-10	0,87
Hiilidioksidi	44	2,66E-11	0,992	2,68E-11	0,07
Etaani	30	3,29 ^E -11	1,299	2,53E-11	0,06

Taulukko A-4. Näytteen 140904 laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,04	0,04	0,04	0,04
Helium	0,85	0,85	0,85	0,85
Metaani	0,15	0,15	0,15	0,15
Typpi	95,24	95,32	95,26	95,27
Happi	0,24	0,23	0,23	0,23
Argon	1,37	1,35	1,37	1,36
Hiilidioksidi	1,98	1,92	1,97	1,96
Etaani	0,13	0,13	0,13	0,13
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	34,4	34,4	34,4	34,4

Taulukko A-5. Näytteen 270904a massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,61E-11	1,77	1,47E-11	0,04
Helium	4	1,36E-10	0,2667	5,09E-10	1,23
Metaani	15	4,68E-11	1,299	3,61E-11	0,09
Typpi	28	3,99E-08	1	3,99E-08	96,55
Happi	32	3,45E-10	0,84	4,11E-10	1,00
Argon	40	4,13E-10	1,055	3,91E-10	0,95
Hiilidioksidi	44	4,30E-11	0,992	4,33E-11	0,10
Etaani	30	2,54 ^E -11	1,299	1,95E-11	0,05
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,71E-11	1,77	1,53E-11	0,04
Helium	4	1,31E-10	0,2667	4,91E-10	1,13
Metaani	15	4,57E-11	1,299	3,51E-11	0,08
Typpi	28	4,23E-08	1	4,23E-08	96,84
Happi	32	3,38E-10	0,84	4,03E-10	0,92
Argon	40	3,95E-10	1,055	3,74E-10	0,86
Hiilidioksidi	44	4,11E-11	0,992	4,15E-11	0,09
Etaani	30	2,59 ^E -11	1,299	2,00E-11	0,05
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,81E-11	1,77	1,59E-11	0,04
Helium	4	1,30E-10	0,2667	4,88E-10	1,10
Metaani	15	4,68E-11	1,299	3,60E-11	0,08
Typpi	28	4,31E-08	1	4,31E-08	96,87
Happi	32	3,45E-10	0,84	4,10E-10	0,92
Argon	40	4,02E-10	1,055	3,81E-10	0,86
Hiilidioksidi	44	4,12E-11	0,992	4,15E-11	0,09
Etaani	30	2,72 ^E -11	1,299	2,09E-11	0,05

Taulukko A-6. Näytteen 270904a laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,04	0,04	0,04	0,04
Helium	0,86	0,79	0,77	0,81
Metaani	0,14	0,13	0,13	0,13
Typpi	92,47	93,10	93,17	92,91
Happi	1,52	1,42	1,42	1,45
Argon	1,53	1,39	1,39	1,44
Hiilidioksidi	3,34	3,04	2,98	3,12
Etaani	0,10	0,09	0,10	0,10
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	30,8	30,8	30,8	30,8

Taulukko A-7. Näytteen 270904b massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,46E-11	1,77	1,96E-11	0,04
Helium	4	1,47E-10	0,2667	5,50E-10	1,13
Metaani	15	5,32E-11	1,299	4,10E-11	0,08
Typpi	28	4,73E-08	1	4,73E-08	97,11
Happi	32	2,60E-10	0,84	3,09E-10	0,64
Argon	40	4,53E-10	1,055	4,29E-10	0,88
Hiilidioksidi	44	3,53E-11	0,992	3,56E-11	0,07
Etaani	30	3,18E-11	1,299	2,45E-11	0,05
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,40E-11	1,77	1,92E-11	0,04
Helium	4	1,37E-10	0,2667	5,15E-10	1,11
Metaani	15	5,03E-11	1,299	3,87E-11	0,08
Typpi	28	4,52E-08	1	4,52E-08	97,11
Happi	32	2,54E-10	0,84	3,03E-10	0,65
Argon	40	4,38E-10	1,055	4,15E-10	0,89
Hiilidioksidi	44	3,42E-11	0,992	3,45E-11	0,07
Etaani	30	2,93E-11	1,299	2,26E-11	0,05
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,54E-11	1,77	2,00E-11	0,04
Helium	4	1,42E-10	0,2667	5,33E-10	1,15
Metaani	15	5,08E-11	1,299	3,91E-11	0,08
Typpi	28	4,49E-08	1	4,49E-08	97,06
Happi	32	2,53E-10	0,84	3,01E-10	0,65
Argon	40	4,31E-10	1,055	4,08E-10	0,88
Hiilidioksidi	44	3,35E-11	0,992	3,38E-11	0,07
Etaani	30	2,98E-11	1,299	2,29E-11	0,05

Taulukko A-8. Näytteen 270904b laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,04	0,04	0,05	0,04
Helium	0,81	0,79	0,83	0,81
Metaani	0,14	0,14	0,14	0,14
Typpi	94,22	94,17	94,17	94,19
Happi	0,97	1,00	1,00	0,99
Argon	1,43	1,44	1,43	1,43
Hiilidioksidi	2,29	2,32	2,29	2,30
Etaani	0,10	0,10	0,10	0,10
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	31,5	31,5	31,5	31,5

LIITE B: OL-KR13/362-365 m näytteiden tulokset*Taulukko B-1. Näytteen 081004a massaspektrometrillä määritetty koostumus.*

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	9,81E-11	1,77	5,54E-11	0,11
Helium	4	2,09E-09	0,2667	7,83E-09	14,90
Metaani	15	9,75E-09	1,299	7,51E-09	14,30
Typpi	28	3,66E-08	1	3,66E-08	69,78
Happi	32	3,51E-11	0,84	4,18E-11	0,08
Argon	40	3,49E-10	1,055	3,31E-10	0,63
Hiilidioksidi	44	9,06E-11	0,992	9,14E-11	0,17
Etaani	26	1,94E-11	1,299	1,49E-11	0,03
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	1,01E-10	1,77	5,73E-11	0,11
Helium	4	1,99E-09	0,2667	7,45E-09	14,59
Metaani	15	9,47E-09	1,299	7,29E-09	14,27
Typpi	28	3,58E-08	1	3,58E-08	70,11
Happi	32	3,43E-11	0,84	4,08E-11	0,08
Argon	40	3,45E-10	1,055	3,27E-10	0,64
Hiilidioksidi	44	8,78E-11	0,992	8,85E-11	0,17
Etaani	26	1,98E-11	1,299	1,53E-11	0,03
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	1,01E-10	1,77	5,68E-11	0,11
Helium	4	1,96E-09	0,2667	7,35E-09	14,36
Metaani	15	9,53E-09	1,299	7,34E-09	14,34
Typpi	28	3,60E-08	1	3,60E-08	70,27
Happi	32	3,46E-11	0,84	4,12E-11	0,08
Argon	40	3,46E-10	1,055	3,28E-10	0,64
Hiilidioksidi	44	8,68E-11	0,992	8,75E-11	0,17
Etaani	26	1,98E-11	1,299	1,53E-11	0,03

Taulukko B-2. Näytteen 081004a laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,10	0,11	0,11	0,11
Helium	9,28	9,08	8,93	9,10
Metaani	22,34	22,29	22,39	22,34
Typpi	61,56	61,82	61,95	61,78
Happi	0,12	0,12	0,12	0,12
Argon	0,97	0,99	0,99	0,98
Hiilidioksidi	5,57	5,54	5,47	5,53
Etaani	0,06	0,06	0,06	0,06
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	30,8	30,8	30,8	30,8

Taulukko B-3. Näytteen 081004b massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	8,86E-11	1,77	5,00E-11	0,10
Helium	4	1,89E-09	0,2667	7,10E-09	14,83
Metaani	15	9,12E-09	1,299	7,02E-09	14,66
Typpi	28	3,33E-08	1	3,33E-08	69,52
Happi	32	1,98E-11	0,84	2,36E-11	0,05
Argon	40	3,25E-10	1,055	3,08E-10	0,64
Hiilidioksidi	44	7,98E-11	0,992	8,05E-11	0,17
Etaani	26	1,85E-11	1,299	1,43E-11	0,03
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	9,45E-11	1,77	5,34E-11	0,11
Helium	4	1,86E-09	0,2667	6,99E-09	14,67
Metaani	15	8,98E-09	1,299	6,91E-09	14,51
Typpi	28	3,33E-08	1	3,33E-08	69,83
Happi	32	1,95E-11	0,84	2,32E-11	0,05
Argon	40	3,22E-10	1,055	3,05E-10	0,64
Hiilidioksidi	44	7,92E-11	0,992	7,99E-11	0,17
Etaani	26	1,86E-11	1,299	1,43E-11	0,03
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	9,65E-11	1,77	5,45E-11	0,11
Helium	4	1,86E-09	0,2667	6,98E-09	14,66
Metaani	15	8,71E-09	1,299	6,70E-09	14,07
Typpi	28	3,35E-08	1	3,35E-08	70,26
Happi	32	1,94E-11	0,84	2,31E-11	0,05
Argon	40	3,29E-10	1,055	3,12E-10	0,65
Hiilidioksidi	44	8,02E-11	0,992	8,08E-11	0,17
Etaani	26	1,87E-11	1,299	1,44E-11	0,03

Taulukko B-4. Näytteen 081004b laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,10	0,11	0,11	0,11
Helium	9,48	9,39	9,40	9,42
Metaani	22,52	22,29	21,67	22,16
Typpi	61,66	61,99	62,50	62,05
Happi	0,07	0,07	0,07	0,07
Argon	0,98	0,97	1,00	0,98
Hiilidioksidi	5,13	5,13	5,20	5,15
Etaani	0,06	0,06	0,06	0,06
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	32,3	32,3	32,2	32,3

Taulukko B-5. Näytteen 111004a massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	9,33E-11	1,77	5,27E-11	0,10
Helium	4	1,70E-09	0,2667	6,36E-09	12,42
Metaani	15	8,48E-09	1,299	6,53E-09	12,75
Typpi	28	3,79E-08	1	3,79E-08	73,99
Happi	32	1,59E-11	0,84	1,89E-11	0,04
Argon	40	2,89E-10	1,055	2,74E-10	0,53
Hiilidioksidi	44	7,31E-11	0,992	7,36E-11	0,14
Etaani	26	1,73E-11	1,299	1,33E-11	0,03
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	9,41E-11	1,77	5,32E-11	0,10
Helium	4	1,63E-09	0,2667	6,10E-09	11,64
Metaani	15	8,48E-09	1,299	6,53E-09	12,46
Typpi	28	3,94E-08	1	3,94E-08	75,08
Happi	32	1,72E-11	0,84	2,04E-11	0,04
Argon	40	2,84E-10	1,055	2,69E-10	0,51
Hiilidioksidi	44	7,27E-11	0,992	7,32E-11	0,14
Etaani	26	1,79E-11	1,299	1,37E-11	0,03
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	1,07E-10	1,77	6,06E-11	0,12
Helium	4	1,88E-09	0,2667	7,04E-09	13,79
Metaani	15	9,73E-09	1,299	7,49E-09	14,68
Typpi	28	3,60E-08	1	3,60E-08	70,59
Happi	32	1,73E-11	0,84	2,05E-11	0,04
Argon	40	3,18E-10	1,055	3,02E-10	0,59
Hiilidioksidi	44	8,00E-11	0,992	8,06E-11	0,16
Etaani	26	2,01E-11	1,299	1,55E-11	0,03

Taulukko B-6. Näytteen 111004a laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,10	0,10	0,12	0,11
Helium	8,03	7,54	8,80	8,12
Metaani	19,90	19,48	22,60	20,66
Typpi	66,56	67,62	62,62	65,60
Happi	0,05	0,06	0,06	0,06
Argon	0,83	0,79	0,90	0,84
Hiilidioksidi	4,48	4,36	4,85	4,56
Etaani	0,05	0,05	0,05	0,05
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	31,6	31,6	32,1	31,8

Taulukko B-7. Näytteen 111004b massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	9,08E-11	1,77	5,13E-11	0,11
Helium	4	1,76E-09	0,2667	6,59E-09	13,88
Metaani	15	9,25E-09	1,299	7,12E-09	14,99
Typpi	28	3,33E-08	1	3,33E-08	70,21
Happi	32	1,73E-11	0,84	2,06E-11	0,04
Argon	40	2,94E-10	1,055	2,79E-10	0,59
Hiilidioksidi	44	7,05E-11	0,992	7,11E-11	0,15
Etaani	26	1,84E-11	1,299	1,42E-11	0,03
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	1,01E-10	1,77	5,69E-11	0,12
Helium	4	1,90E-09	0,2667	7,12E-09	14,90
Metaani	15	9,79E-09	1,299	7,53E-09	15,77
Typpi	28	3,26E-08	1	3,26E-08	68,35
Happi	32	1,62E-11	0,84	1,93E-11	0,04
Argon	40	3,13E-10	1,055	2,97E-10	0,62
Hiilidioksidi	44	7,61E-11	0,992	7,67E-11	0,16
Etaani	26	2,01E-11	1,299	1,55E-11	0,03
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	1,06E-10	1,77	5,97E-11	0,13
Helium	4	1,85E-09	0,2667	6,94E-09	14,74
Metaani	15	9,64E-09	1,299	7,42E-09	15,76
Typpi	28	3,22E-08	1	3,22E-08	68,49
Happi	32	1,59E-11	0,84	1,89E-11	0,04
Argon	40	3,17E-10	1,055	3,00E-10	0,64
Hiilidioksidi	44	7,87E-11	0,992	7,94E-11	0,17
Etaani	26	2,01E-11	1,299	1,55E-11	0,03

Taulukko B-8. Näytteen 111004b laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,10	0,11	0,12	0,11
Helium	8,74	9,32	9,19	9,08
Metaani	23,30	24,36	24,28	23,98
Typpi	62,16	60,10	60,05	60,77
Happi	0,06	0,06	0,06	0,06
Argon	0,90	0,95	0,97	0,94
Hiilidioksidi	4,71	5,03	5,26	5,00
Etaani	0,06	0,06	0,06	0,06
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	31,3	31,5	31,6	31,5

LIITE C: OL-KR27/503-506 m näytteen tulokset*Taulukko C-1. Näytteen 281204a massaspektrometrillä määritetty koostumus.*

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	1,97E-10	1,77	1,11E-10	0,32
Helium	4	3,09E-10	0,2667	1,16E-09	3,38
Metaani	15	2,11E-08	1,299	1,63E-08	47,36
Typpi	28	1,62E-08	1	1,62E-08	47,32
Happi	32	1,46E-10	0,84	1,74E-10	0,51
Argon	40	8,34E-11	1,055	7,91E-11	0,23
Hiilidioksidi	44	2,52E-11	0,992	2,54E-11	0,07
Etaani	26	4,05E-11	0,146	2,77E-10	0,81
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	1,52E-10	1,77	8,61E-11	0,20
Helium	4	2,05E-10	0,2667	7,68E-10	1,80
Metaani	15	1,75E-08	1,299	1,35E-08	31,63
Typpi	28	2,51E-08	1	2,51E-08	58,87
Happi	32	2,32E-09	0,84	2,76E-09	6,49
Argon	40	1,80E-10	1,055	1,71E-10	0,40
Hiilidioksidi	44	4,34E-11	0,992	4,37E-11	0,10
Etaani	26	3,17E-11	0,146	2,17E-10	0,51
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,32E-10	1,77	1,31E-10	0,38
Helium	4	3,59E-10	0,2667	1,35E-09	3,92
Metaani	15	2,28E-08	1,299	1,76E-08	51,03
Typpi	28	1,40E-08	1	1,40E-08	40,60
Happi	32	8,07E-10	0,84	9,60E-10	2,79
Argon	40	1,21E-10	1,055	1,15E-10	0,33
Hiilidioksidi	44	3,47E-11	0,992	3,50E-11	0,10
Etaani	26	4,27E-11	0,146	2,92E-10	0,85

Taulukko C-2. Näytteen 281204a laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,31	0,20	0,37	0,29
Helium	3,14	1,69	3,63	2,82
Metaani	49,10	33,02	52,64	44,92
Typpi	45,47	56,95	38,80	47,07
Happi	0,52	6,69	2,84	3,35
Argon	0,24	0,42	0,34	0,33
Hiilidioksidi	0,33	0,47	0,46	0,42
Etaani	0,88	0,56	0,92	0,79
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	304,0	301,9	305,6	303,8

Taulukko C-3. Näytteen 281204b massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,81E-10	1,77	1,59E-10	0,48
Helium	4	3,49E-10	0,2667	1,31E-09	3,95
Metaani	15	2,30E-08	1,299	1,77E-08	53,36
Typpi	28	1,35E-08	1	1,35E-08	40,84
Happi	32	3,18E-11	0,84	3,79E-11	0,11
Argon	40	8,89E-11	1,055	8,42E-11	0,25
Hiilidioksidi	44	2,03E-11	0,992	2,05E-11	0,06
Etaani	26	4,54E-11	0,146	3,11E-10	0,94
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,94E-10	1,77	1,66E-10	0,49
Helium	4	3,50E-10	0,2667	1,31E-09	3,88
Metaani	15	2,34E-08	1,299	1,80E-08	53,33
Typpi	28	1,38E-08	1	1,38E-08	40,95
Happi	32	3,31E-11	0,84	3,94E-11	0,12
Argon	40	8,90E-11	1,055	8,44E-11	0,25
Hiilidioksidi	44	1,98E-11	0,992	1,99E-11	0,06
Etaani	26	4,57E-11	0,146	3,13E-10	0,93
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,08E-10	1,77	1,74E-10	0,51
Helium	4	3,56E-10	0,2667	1,33E-09	3,87
Metaani	15	2,42E-08	1,299	1,86E-08	54,07
Typpi	28	1,39E-08	1	1,39E-08	40,20
Happi	32	3,48E-11	0,84	4,14E-11	0,12
Argon	40	9,21E-11	1,055	8,73E-11	0,25
Hiilidioksidi	44	1,96E-11	0,992	1,98E-11	0,06
Etaani	26	4,68E-11	0,146	3,20E-10	0,93

Taulukko C-4. Näytteen 281204b laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,46	0,47	0,48	0,47
Helium	3,61	3,55	3,54	3,57
Metaani	55,42	55,39	56,13	55,65
Typpi	38,77	38,88	38,15	38,60
Happi	0,12	0,12	0,12	0,12
Argon	0,26	0,26	0,26	0,26
Hiilidioksidi	0,32	0,30	0,29	0,30
Etaani	1,03	1,02	1,02	1,02
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	259,6	259,5	259,7	259,60

Taulukko C-5. Näytteen 291204a massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,44E-10	1,77	1,38E-10	0,44
Helium	4	4,33E-10	0,2667	1,62E-09	5,14
Metaani	15	2,48E-08	1,299	1,91E-08	60,42
Typpi	28	1,03E-08	1	1,03E-08	32,53
Happi	32	1,77E-11	0,84	2,11E-11	0,07
Argon	40	9,93E-11	1,055	9,42E-11	0,30
Hiilidioksidi	44	1,50E-11	0,992	1,52E-11	0,05
Etaani	26	4,91E-11	0,146	3,36E-10	1,06
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,27E-10	1,77	1,85E-10	0,55
Helium	4	4,33E-10	0,2667	1,62E-09	4,84
Metaani	15	2,69E-08	1,299	2,07E-08	61,74
Typpi	28	1,05E-08	1	1,05E-08	31,24
Happi	32	4,19E-11	0,84	4,99E-11	0,15
Argon	40	1,04E-10	1,055	9,82E-11	0,29
Hiilidioksidi	44	1,55E-11	0,992	1,56E-11	0,05
Etaani	26	5,59E-11	0,146	3,83E-10	1,14
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,44E-10	1,77	1,94E-10	0,58
Helium	4	4,18E-10	0,2667	1,57E-09	4,67
Metaani	15	2,70E-08	1,299	2,08E-08	61,92
Typpi	28	1,05E-08	1	1,05E-08	31,30
Happi	32	4,39E-11	0,84	5,23E-11	0,16
Argon	40	1,03E-10	1,055	9,72E-11	0,29
Hiilidioksidi	44	1,54E-11	0,992	1,55E-11	0,05
Etaani	26	5,10E-11	0,146	3,49E-10	1,04

Taulukko C-6. Näytteen 291204a laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,41	0,52	0,55	0,49
Helium	4,61	4,33	4,18	4,37
Metaani	62,69	63,96	64,14	63,60
Typpi	30,46	29,20	29,26	29,64
Happi	0,07	0,15	0,16	0,13
Argon	0,31	0,30	0,30	0,30
Hiilidioksidi	0,27	0,26	0,26	0,27
Etaani	1,18	1,27	1,15	1,20
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	228,53	228,90	228,91	228,78

Taulukko C-7. Näytteen 291204b massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,42E-10	1,77	1,37E-10	0,42
Helium	4	4,30E-10	0,2667	1,61E-09	4,89
Metaani	15	2,67E-08	1,299	2,06E-08	62,38
Typpi	28	1,02E-08	1	1,02E-08	30,89
Happi	32	2,02E-11	0,84	2,40E-11	0,07
Argon	40	9,95E-11	1,055	9,43E-11	0,29
Hiilidioksidi	44	2,45E-11	0,992	2,47E-11	0,07
Etaani	26	4,77E-11	0,146	3,26E-10	0,99
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,15E-10	1,77	1,78E-10	0,55
Helium	4	4,27E-10	0,2667	1,60E-09	4,96
Metaani	15	2,62E-08	1,299	2,01E-08	62,50
Typpi	28	9,82E-09	1	9,82E-09	30,45
Happi	32	4,33E-11	0,84	5,15E-11	0,16
Argon	40	9,77E-11	1,055	9,26E-11	0,29
Hiilidioksidi	44	2,43E-11	0,992	2,44E-11	0,08
Etaani	26	4,73E-11	0,146	3,24E-10	1,00
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,24E-10	1,77	1,83E-10	0,59
Helium	4	3,98E-10	0,2667	1,49E-09	4,80
Metaani	15	2,49E-08	1,299	1,91E-08	61,50
Typpi	28	9,80E-09	1	9,80E-09	31,51
Happi	32	4,87E-11	0,84	5,79E-11	0,19
Argon	40	9,61E-11	1,055	9,11E-11	0,29
Hiilidioksidi	44	2,31E-11	0,992	2,33E-11	0,07
Etaani	26	4,77E-11	0,146	3,27E-10	1,05

Taulukko C-8. Näytteen 291204b laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,39	0,52	0,55	0,49
Helium	4,35	4,42	4,27	4,35
Metaani	64,60	64,71	63,73	64,35
Typpi	28,76	28,34	29,35	28,81
Happi	0,07	0,16	0,19	0,14
Argon	0,29	0,30	0,30	0,30
Hiilidioksidi	0,43	0,44	0,44	0,44
Etaani	1,10	1,12	1,17	1,13
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	220,9	221,0	220,8	220,91

Taulukko C-9. Näytteen 070105a massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,53E-10	1,77	1,43E-10	0,43
Helium	4	4,09E-10	0,2667	1,53E-09	4,66
Metaani	15	2,67E-08	1,299	2,06E-08	62,42
Typpi	28	1,02E-08	1	1,02E-08	31,08
Happi	32	3,24E-11	0,84	3,85E-11	0,12
Argon	40	9,90E-11	1,055	9,38E-11	0,28
Hiilidioksidi	44	9,56E-12	0,992	9,64E-12	0,03
Etaani	26	4,68E-11	0,146	3,21E-10	0,97
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,31E-10	1,77	1,31E-10	0,41
Helium	4	3,97E-10	0,2667	1,49E-09	4,64
Metaani	15	2,59E-08	1,299	2,00E-08	62,20
Typpi	28	1,00E-08	1	1,00E-08	31,18
Happi	32	5,92E-11	0,84	7,05E-11	0,22
Argon	40	1,00E-10	1,055	9,52E-11	0,30
Hiilidioksidi	44	1,03E-11	0,992	1,04E-11	0,03
Etaani	26	4,85E-11	0,146	3,32E-10	1,03
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,32E-10	1,77	1,88E-10	0,57
Helium	4	4,09E-10	0,2667	1,53E-09	4,66
Metaani	15	2,64E-08	1,299	2,03E-08	61,80
Typpi	28	1,03E-08	1	1,03E-08	31,35
Happi	32	6,70E-11	0,84	7,98E-11	0,24
Argon	40	1,01E-10	1,055	9,56E-11	0,29
Hiilidioksidi	44	1,07E-11	0,992	1,08E-11	0,03
Etaani	26	5,01E-11	0,146	3,43E-10	1,04

Taulukko C-10. Näytteen 070105a laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,41	0,38	0,54	0,44
Helium	4,18	4,16	4,18	4,17
Metaani	64,66	64,42	64,05	64,38
Typpi	29,10	29,19	29,37	29,22
Happi	0,12	0,22	0,24	0,19
Argon	0,29	0,31	0,30	0,30
Hiilidioksidi	0,17	0,18	0,17	0,17
Etaani	1,07	1,15	1,15	1,12
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	232,3	232,4	232,2	232,3

Taulukko C-11. Näytteen 070105b massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,70E-10	1,77	1,52E-10	0,46
Helium	4	4,12E-10	0,2667	1,54E-09	4,65
Metaani	15	2,69E-08	1,299	2,07E-08	62,33
Typpi	28	1,03E-08	1	1,03E-08	31,05
Happi	32	4,66E-11	0,84	5,54E-11	0,17
Argon	40	1,02E-10	1,055	9,64E-11	0,29
Hiilidioksidi	44	1,10E-11	0,992	1,11E-11	0,03
Etaani	26	5,00E-11	0,146	3,42E-10	1,03
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,51E-10	1,77	1,98E-10	0,59
Helium	4	4,19E-10	0,2667	1,57E-09	4,68
Metaani	15	2,69E-08	1,299	2,07E-08	61,78
Typpi	28	1,05E-08	1	1,05E-08	31,33
Happi	32	6,78E-11	0,84	8,07E-11	0,24
Argon	40	1,03E-10	1,055	9,78E-11	0,29
Hiilidioksidi	44	1,16E-11	0,992	1,17E-11	0,03
Etaani	26	5,17E-11	0,146	3,54E-10	1,06
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,69E-10	1,77	2,08E-10	0,62
Helium	4	4,29E-10	0,2667	1,61E-09	4,77
Metaani	15	2,69E-08	1,299	2,07E-08	61,53
Typpi	28	1,06E-08	1	1,06E-08	31,39
Happi	32	8,07E-11	0,84	9,60E-11	0,28
Argon	40	1,06E-10	1,055	1,00E-10	0,30
Hiilidioksidi	44	1,29E-11	0,992	1,30E-11	0,04
Etaani	26	5,28E-11	0,146	3,62E-10	1,07

Taulukko C-12. Näytteen 070105b laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,43	0,56	0,58	0,52
Helium	4,16	4,19	4,27	4,21
Metaani	64,59	64,05	63,79	64,14
Typpi	29,02	29,29	29,35	29,22
Happi	0,17	0,25	0,29	0,24
Argon	0,30	0,30	0,31	0,30
Hiilidioksidi	0,19	0,20	0,22	0,20
Etaani	1,14	1,17	1,19	1,17
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	227,4	227,3	227,3	227,33

LIITE D: OL-KR29/800-865 m näytteen tulokset*Taulukko D-1. Näytteen 050405a massaspektrometrillä määritetty koostumus.*

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,57E-10	1,77	1,45E-10	0,73
Helium	4	4,65E-11	0,2667	1,74E-10	0,88
Metaani	15	1,82E-08	1,299	1,40E-08	70,83
Typpi	28	4,45E-09	1	4,45E-09	22,48
Happi	32	4,84E-11	0,84	5,76E-11	0,29
Argon	40	2,09E-11	1,055	1,98E-11	0,10
Hiilidioksidi	44	1,88E-11	0,992	1,90E-11	0,10
Etaani	26	1,33E-10	0,146	9,08E-10	4,59
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,87E-10	1,77	1,62E-10	0,76
Helium	4	4,73E-11	0,2667	1,77E-10	0,83
Metaani	15	1,97E-08	1,299	1,52E-08	71,10
Typpi	28	4,75E-09	1	4,75E-09	22,30
Happi	32	4,95E-11	0,84	5,89E-11	0,28
Argon	40	2,20E-11	1,055	2,08E-11	0,10
Hiilidioksidi	44	1,86E-11	0,992	1,88E-11	0,09
Etaani	26	1,42E-10	0,146	9,71E-10	4,55
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,98E-10	1,77	1,68E-10	0,79
Helium	4	4,86E-11	0,2667	1,82E-10	0,85
Metaani	15	1,98E-08	1,299	1,52E-08	71,36
Typpi	28	4,70E-09	1	4,70E-09	22,02
Happi	32	4,34E-11	0,84	5,16E-11	0,24
Argon	40	2,15E-11	1,055	2,04E-11	0,10
Hiilidioksidi	44	1,80E-11	0,992	1,81E-11	0,08
Etaani	26	1,42E-10	0,146	9,73E-10	4,56

Taulukko D-2. Näytteen 050405a laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,73	0,76	0,78	0,76
Helium	0,87	0,82	0,85	0,85
Metaani	70,93	71,20	71,46	71,19
Typpi	22,33	22,14	21,86	22,11
Happi	0,29	0,28	0,24	0,27
Argon	0,10	0,10	0,10	0,10
Hiilidioksidi	0,13	0,12	0,12	0,12
Etaani	4,62	4,59	4,59	4,60
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	2756,7	2756,7	2756,7	2756,7

Taulukko D-3. Näytteen 050405b massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	1,95E-10	1,77	1,10E-10	0,54
Helium	4	4,02E-11	0,2667	1,51E-10	0,74
Metaani	15	1,83E-08	1,299	1,41E-08	69,35
Typpi	28	4,99E-09	1	4,99E-09	24,54
Happi	32	4,47E-11	0,84	5,32E-11	0,26
Argon	40	2,03E-11	1,055	1,92E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	1,34E-11	0,992	1,35E-11	0,07
Etaani	26	1,31E-10	0,146	8,97E-10	4,41
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,39E-10	1,77	1,35E-10	0,65
Helium	4	3,99E-11	0,2667	1,49E-10	0,72
Metaani	15	1,86E-08	1,299	1,43E-08	69,31
Typpi	28	5,06E-09	1	5,06E-09	24,49
Happi	32	4,48E-11	0,84	5,33E-11	0,26
Argon	40	2,04E-11	1,055	1,93E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	1,36E-11	0,992	1,37E-11	0,07
Etaani	26	1,33E-10	0,146	9,09E-10	4,40
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,69E-10	1,77	1,52E-10	0,74
Helium	4	4,09E-11	0,2667	1,53E-10	0,75
Metaani	15	1,89E-08	1,299	1,45E-08	70,82
Typpi	28	4,70E-09	1	4,70E-09	22,91
Happi	32	3,39E-11	0,84	4,04E-11	0,20
Argon	40	2,03E-11	1,055	1,93E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	1,31E-11	0,992	1,32E-11	0,06
Etaani	26	1,33E-10	0,146	9,08E-10	4,42

Taulukko D-4. Näytteen 050405b laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,53	0,64	0,73	0,63
Helium	0,72	0,71	0,73	0,72
Metaani	69,65	69,61	71,11	70,12
Typpi	24,11	24,07	22,51	23,56
Happi	0,26	0,26	0,20	0,24
Argon	0,09	0,09	0,09	0,09
Hiilidioksidi	0,13	0,13	0,13	0,13
Etaani	4,50	4,49	4,51	4,50
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	1072,7	1072,7	1073,0	1072,8

Taulukko D-5. Näytteen 060405a massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,63E-10	1,77	1,49E-10	0,66
Helium	4	4,18E-11	0,2667	1,57E-10	0,69
Metaani	15	2,18E-08	1,299	1,68E-08	74,08
Typpi	28	4,54E-09	1	4,54E-09	20,04
Happi	32	1,35E-11	0,84	1,61E-11	0,07
Argon	40	2,05E-11	1,055	1,95E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	1,10E-11	0,992	1,11E-11	0,05
Etaani	26	1,43E-10	0,146	9,82E-10	4,33
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,02E-10	1,77	1,70E-10	0,80
Helium	4	4,14E-11	0,2667	1,55E-10	0,73
Metaani	15	2,02E-08	1,299	1,56E-08	73,11
Typpi	28	4,37E-09	1	4,37E-09	20,50
Happi	32	1,33E-11	0,84	1,58E-11	0,07
Argon	40	2,04E-11	1,055	1,94E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	1,11E-11	0,992	1,12E-11	0,05
Etaani	26	1,45E-10	0,146	9,90E-10	4,65
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,24E-10	1,77	1,83E-10	0,86
Helium	4	4,17E-11	0,2667	1,56E-10	0,74
Metaani	15	2,01E-08	1,299	1,55E-08	72,96
Typpi	28	4,35E-09	1	4,35E-09	20,54
Happi	32	1,20E-11	0,84	1,42E-11	0,07
Argon	40	2,03E-11	1,055	1,93E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	1,14E-11	0,992	1,15E-11	0,05
Etaani	26	1,45E-10	0,146	9,94E-10	4,69

Taulukko D-6. Näytteen 060405a laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,64	0,78	0,84	0,75
Helium	0,66	0,69	0,70	0,69
Metaani	74,53	73,56	73,41	73,83
Typpi	19,41	19,86	19,90	19,72
Happi	0,07	0,07	0,07	0,07
Argon	0,09	0,09	0,09	0,09
Hiilidioksidi	0,13	0,14	0,15	0,14
Etaani	4,47	4,80	4,84	4,70
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	622,0	622,0	622,0	622,0

Taulukko D-7. Näytteen 060405b massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,34E-10	1,77	1,32E-10	0,55
Helium	4	5,96E-11	0,2667	2,23E-10	0,92
Metaani	15	2,26E-08	1,299	1,74E-08	71,78
Typpi	28	5,44E-09	1	5,44E-09	22,43
Happi	32	6,34E-12	0,84	7,54E-12	0,03
Argon	40	2,15E-11	1,055	2,04E-11	0,08
Hiilidioksidi	44	1,16E-11	0,992	1,16E-11	0,05
Etaani	26	1,47E-10	0,146	1,01E-09	4,16
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,36E-10	1,77	1,90E-10	0,85
Helium	4	5,79E-11	0,2667	2,17E-10	0,97
Metaani	15	2,07E-08	1,299	1,60E-08	71,24
Typpi	28	5,01E-09	1	5,01E-09	22,37
Happi	32	6,12E-12	0,84	7,29E-12	0,03
Argon	40	2,08E-11	1,055	1,97E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	1,09E-11	0,992	1,10E-11	0,05
Etaani	26	1,44E-10	0,146	9,86E-10	4,40
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,46E-10	1,77	1,95E-10	0,86
Helium	4	5,90E-11	0,2667	2,21E-10	0,98
Metaani	15	2,09E-08	1,299	1,61E-08	71,27
Typpi	28	5,03E-09	1	5,03E-09	22,29
Happi	32	5,88E-12	0,84	7,00E-12	0,03
Argon	40	2,10E-11	1,055	1,99E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	1,08E-11	0,992	1,09E-11	0,05
Etaani	26	1,46E-10	0,146	9,99E-10	4,42

Taulukko D-8. Näytteen 060405b laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,54	0,84	0,86	0,75
Helium	0,91	0,96	0,97	0,95
Metaani	71,91	71,37	71,40	71,56
Typpi	22,26	22,19	22,12	22,19
Happi	0,03	0,03	0,03	0,03
Argon	0,08	0,09	0,09	0,09
Hiilidioksidi	0,07	0,07	0,07	0,07
Etaani	4,20	4,44	4,46	4,37
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	2435,9	2435,9	2435,9	2435,9

Taulukko D-9. Näytteen 080405a massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	2,91E-10	1,77	1,64E-10	0,67
Helium	4	6,27E-11	0,2667	2,35E-10	0,95
Metaani	15	2,25E-08	1,299	1,73E-08	70,41
Typpi	28	5,78E-09	1	5,78E-09	23,46
Happi	32	8,15E-12	0,84	9,70E-12	0,04
Argon	40	2,24E-11	1,055	2,12E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	9,67E-12	0,992	9,75E-12	0,04
Etaani	26	1,56E-10	0,146	1,07E-09	4,34
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,33E-10	1,77	1,88E-10	0,76
Helium	4	6,20E-11	0,2667	2,32E-10	0,95
Metaani	15	2,25E-08	1,299	1,73E-08	70,39
Typpi	28	5,74E-09	1	5,74E-09	23,36
Happi	32	7,95E-12	0,84	9,46E-12	0,04
Argon	40	2,27E-11	1,055	2,15E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	1,06E-11	0,992	1,06E-11	0,04
Etaani	26	1,57E-10	0,146	1,07E-09	4,37
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,57E-10	1,77	2,02E-10	0,82
Helium	4	6,40E-11	0,2667	2,40E-10	0,97
Metaani	15	2,26E-08	1,299	1,74E-08	70,37
Typpi	28	5,68E-09	1	5,68E-09	22,99
Happi	32	7,96E-12	0,84	9,48E-12	0,04
Argon	40	2,32E-11	1,055	2,20E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	1,12E-11	0,992	1,13E-11	0,05
Etaani	26	1,69E-10	0,146	1,16E-09	4,68

Taulukko D-10. Näytteen 080405a laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,66	0,76	0,81	0,74
Helium	0,94	0,93	0,95	0,94
Metaani	70,63	70,61	70,58	70,61
Typpi	23,17	23,08	22,71	22,99
Happi	0,04	0,04	0,04	0,04
Argon	0,09	0,09	0,09	0,09
Hiilidioksidi	0,07	0,07	0,08	0,07
Etaani	4,40	4,43	4,75	4,53
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	1504,2	1535,5	1535,6	1525,1

Taulukko D-11. Näytteen 080405b massaspektrometrillä määritetty koostumus.

Mittaus 1	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,50E-10	1,77	1,98E-10	0,78
Helium	4	3,91E-11	0,2667	1,47E-10	0,58
Metaani	15	2,34E-08	1,299	1,80E-08	71,03
Typpi	28	5,80E-09	1	5,80E-09	22,87
Happi	32	8,53E-12	0,84	1,02E-11	0,04
Argon	40	2,37E-11	1,055	2,25E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	9,56E-12	0,992	9,64E-12	0,04
Etaani	26	1,69E-10	0,146	1,16E-09	4,57
Mittaus 2	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,62E-10	1,77	2,05E-10	0,83
Helium	4	3,96E-11	0,2667	1,48E-10	0,60
Metaani	15	2,28E-08	1,299	1,76E-08	71,13
Typpi	28	5,56E-09	1	5,56E-09	22,52
Happi	32	8,61E-12	0,84	1,02E-11	0,04
Argon	40	2,41E-11	1,055	2,28E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	9,80E-12	0,992	9,88E-12	0,04
Etaani	26	1,71E-10	0,146	1,17E-09	4,74
Mittaus 3	Piikki	Intensiteetti	Kalibraatiovakiot	Normalisoitu intensiteetti	Kaasukoostumus (%)
Vety	2	3,68E-10	1,77	2,08E-10	0,83
Helium	4	3,98E-11	0,2667	1,49E-10	0,60
Metaani	15	2,32E-08	1,299	1,79E-08	71,34
Typpi	28	5,59E-09	1	5,59E-09	22,31
Happi	32	8,95E-12	0,84	1,07E-11	0,04
Argon	40	2,43E-11	1,055	2,30E-11	0,09
Hiilidioksidi	44	1,01E-11	0,992	1,02E-11	0,04
Etaani	26	1,74E-10	0,146	1,19E-09	4,75

Taulukko D-12. Näytteen 080405b laskennallisesti korjatut kaasukoostumukset – ja konsentraatiot.

Mittaus	1	2	3	Keskiarvo
Laskennallisesti korjattu kaasukoostumus (%)				
Vety	0,75	0,80	0,80	0,78
Helium	0,55	0,57	0,56	0,56
Metaani	71,69	71,77	71,97	71,81
Typpi	21,99	21,65	21,44	21,69
Happi	0,04	0,04	0,04	0,04
Argon	0,09	0,09	0,09	0,09
Hiilidioksidi	0,12	0,13	0,13	0,13
Etaani	4,77	4,95	4,96	4,89
Laskennallisesti korjattu kaasukonsentraatio (ml/l H₂O)				
	483,5	483,6	483,6	483,6