



Satakunnan ammattikorkeakoulu

Janne Myllykoski

KONVERTTERIKAASULINJAN SÄÄTÖ

Tekniikan Porin yksikkö  
Kemiantekniikan koulutusohjelma  
Kemiantekniikan suuntautumisvaihtoehto  
2008

# KONVERTTERIKAASULINJAN SÄÄTÖ

Myllykoski, Janne  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kemiantekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2008  
Heikkilä, Jorma  
UDK:  
Sivumäärä:87

Asiasanat: Konvertointi, rikkidioksidi, päästö, analysointi, kupari

---

Tämän opinnäytetyö on tehty Boliden Harjavalta Oy:lle. Työn tarkoituksena oli selvittää konvertterikaasulinjassa olevien vinoventtiilien ajotapa ja mahdolliset parannusehdotukset, jotka voisivat vähentää piippun meneviä päästökaasuja ja mahdollisesti parantaa kaasulinjassa olevia imuja kohti rikkihappotehtaita.

Kaasut syntyvät konverteintiprosessissa. Syntyneet kaasut johdetaan rikkihappotehtaalle. Piippuun menevät päästökaasut tulevat konvertterien huuvaputkien kautta konvertteriletkusuodattimille, jonka jälkeen ne johdetaan piippuun.

Tarkastelujaksona käytettiin yhtä konvertteri 3:n huoltojen välistä aikaa, 30.10.2007-24.1.2008.

Analysoinnissa tarkasteltiin konvertterien asentoja, konvertterien hattujen ja yhteisputken paineita, vinoventtiilien asentoja, kaasumääriä happotehtaalle ja piippuun sekä yhteisputken, piipun ja konvertterin letkusuodattimen kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuuksia.

Yhteisputken paineista voidaan päätellä, että yhteisputken puhaltimen kapasiteetti ei riitä tuottamaan riittävää kaasuvirtausta happotehtaalle, kun konvertteri 3 aloittaa puhallukset. Yhteisputki pysyy kumminkin imulla, kun muut konvertterit puhaltavat.

SO<sub>2</sub>-pitoisen kaasun piippuun ajautumiseen vaikuttavat monet eri tekijät, joten aivan yksiselitteistä syytä ei löytynyt. Syiden löytymisen helpottamiseksi pitäisi selvittää konvertteri kohtaiset kaasumäärät ja SO<sub>2</sub>-pitoisuudet.

## ADJUSTMENT OF A CONVERTER GAS LINE

Myllykoski, Janne

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Chemical Engineering.

May 2008

Heikkilä, Jorma

UDC:

Number of Pages:87

Key Words: Converting, sulphur diokside, discharge, analyze, copper

---

### Abstract

This scholarly thesis is made for Boliden Harjavalta Oy. The main purpose of this thesis was to find the best operation style for a ventilator in a converter gas line and potential improvements which could decrease the discharges and improve the gas flow to the sulfuric acid factory.

The gases are formed in the converting process. They are then led to the sulfuric acid factory. Discharges go through a tube filter to the smokestack.

Observations were made between 30 October 2007 and 24 January 2008.

Analyzing was made by observing the positions of converters, their hats and pressures in the communal pipe, positions of ventilators, gas amounts of the sulphur acid factory and the smokestack, and SO<sub>2</sub>-contents in the communal pipe, the smokestack and the converter tube filter.

You can reach a conclusion that the capacity of the fan in communal pipe is not enough for make proper gas flow when converter 3 starts its blasts. The communal pipe is in suction while other converters are blasting.

There are many reasons for discharges so no unambiguous cause could be found. For finding those causes a gas amount gauge and an SO<sub>2</sub>-content gauge should be installed in every converter.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	BOLIDEN HARJAVALTA OY .....	6
3	PROSESSIN YLEISESITTELY .....	7
4	KONVERTOINTI.....	9
4.1	Kuonapuhallus .....	10
4.2	Rikkaaksipuhallus .....	11
5	KAASUN MUODOSTUMINEN.....	12
6	KAASUJEN KÄSITTELY .....	13
6.1	Sulaton piiput.....	14
7	RIKKIHAPON VALMISTUS .....	15
8	MITTAUKSET .....	16
8.1	Kuvaajat .....	16
9	ANALYSOINTI.....	18
9.1	Konvertteri 3:n hatun ja yhteisputken paineet .....	18
9.1.1	Konvertteri 3 kuonapuhalluksella .....	18
9.1.2	Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella .....	19
9.1.3	Yhteenveto .....	20
9.2	Vinoventtiilien ajo .....	21
9.2.1	Konvertteri 3 kuonapuhalluksella .....	21
9.2.2	Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella .....	22
9.2.3	Yhteenveto .....	23
9.3	Kaasumäärät ja yhteisputken SO <sub>2</sub> -pitoisuus .....	23
9.3.1	Konvertteri 3 kuonapuhalluksella .....	23
9.3.2	Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella .....	24
9.3.3	Yhteenveto .....	26
9.4	Päästökaasut.....	26
9.4.1	Konvertteri 3 kuonapuhalluksella .....	26
9.4.2	Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella .....	27
9.4.3	Yhteenveto .....	28
10	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	28
11	LIITELUETTELO.....	31
12	LÄHTEET .....	33
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Ammatikorkeakoulututkintoon sisältyy opinnäytetyö oman koulutusohjelman aihepiiristä. Tämä opinnäytetyö on tehty Satakunnan ammattikorkeakoulun kemiantekniikan koulutusohjelman aihepiirin mukaisesti.

Tämä työ on tehty Boliden Harjavalta Oy:n toimeksiannosta, koskien konvertterikaasulinjan säätöjä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää konvertterikaasulinjassa olevien vinoventtiilien ajotapa ja mahdolliset parannusehdotukset, jotka voisivat vähentää piippun meneviä päästökaasuja ja parantaa kaasulinjassa olevia imuja kohti rikkihappotehtaita. Työn teossa on käytetty apuna Boliden Harjavalta Oy:n ammattitaitoisia työntekijöitä ja käytössä olevia mittaustietoja.

Ohjaajina työssäni toimivat koulun puolelta lehtori Jorma Heikkilä ja Bolidenilta kehitysinsinööri Elina Niemi. Kiitän heitä sekä yhtiön työntekijöitä avusta työhöni liittyvistä asioista. Boliden Harjavalta Oy:tä kiitän mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyöni yritykselle ja toivon siitä olevan hyötyä tulevaisuudessa.

## 2 BOLIDEN HARJAVALTA OY

Boliden Harjavalta Oy:llä on kaksi tuotantolaitosta – Harjavallan sulatto, jossa valmistetaan kuparianodeja, ja Porin kuparielektrolyysi, jossa kuparianodit jatkojalostetaan kuparikatodeiksi. Harjavallassa sulatetaan myös nikkelikasteita tollausperiaatteella. Yhtiön henkilöstömäärä on noin 415.

Boliden Harjavalta toimii verkostoituneena yhteistyössä useiden osaavien kumppaniryitysten kanssa. Samalla tehdasalueella toimii useita eri kumppanuusyhtiöitä, jotka kukin keskittyvät omaan ydinliiketoimintaansa, esimerkiksi kunnossapitoon, kaasutuotantoon, energiatuotantoon, sisäisiin kuljetuspalveluihin sekä tutkimukseen ja kehitykseen.

Harjavallan tehtaan nimelliskapasiteetti on 160 000 tonnia kuparia vuodessa. Suurin osa tuotetusta kuparista valetaan kuparianodeiksi, jotka jatkojalostetaan puhtaiksi kuparikatodeiksi. Poistokaasujen sisältämä rikki otetaan talteen ja valmistetaan rikkituotteiksi (esim.rikkihapoksi). Boliden Harjavallan tollausperiaatteella toimiva nikkelisulatto tuottaa asiakastarpeiden mukaista nikkelikiveä.

Kuparianodit kuljetetaan rautateitse Harjavallasta Poriin kuparielektrolyysiin, jossa ne jatkojalostetaan katodeiksi. Kuparielektrolyysin vuotuinen nimelliskapasiteetti on 125 000 tonnia. Katodikuparin lisäksi kuparielektrolyysi tuottaa mm. kultaa ja hopeaa. /1/

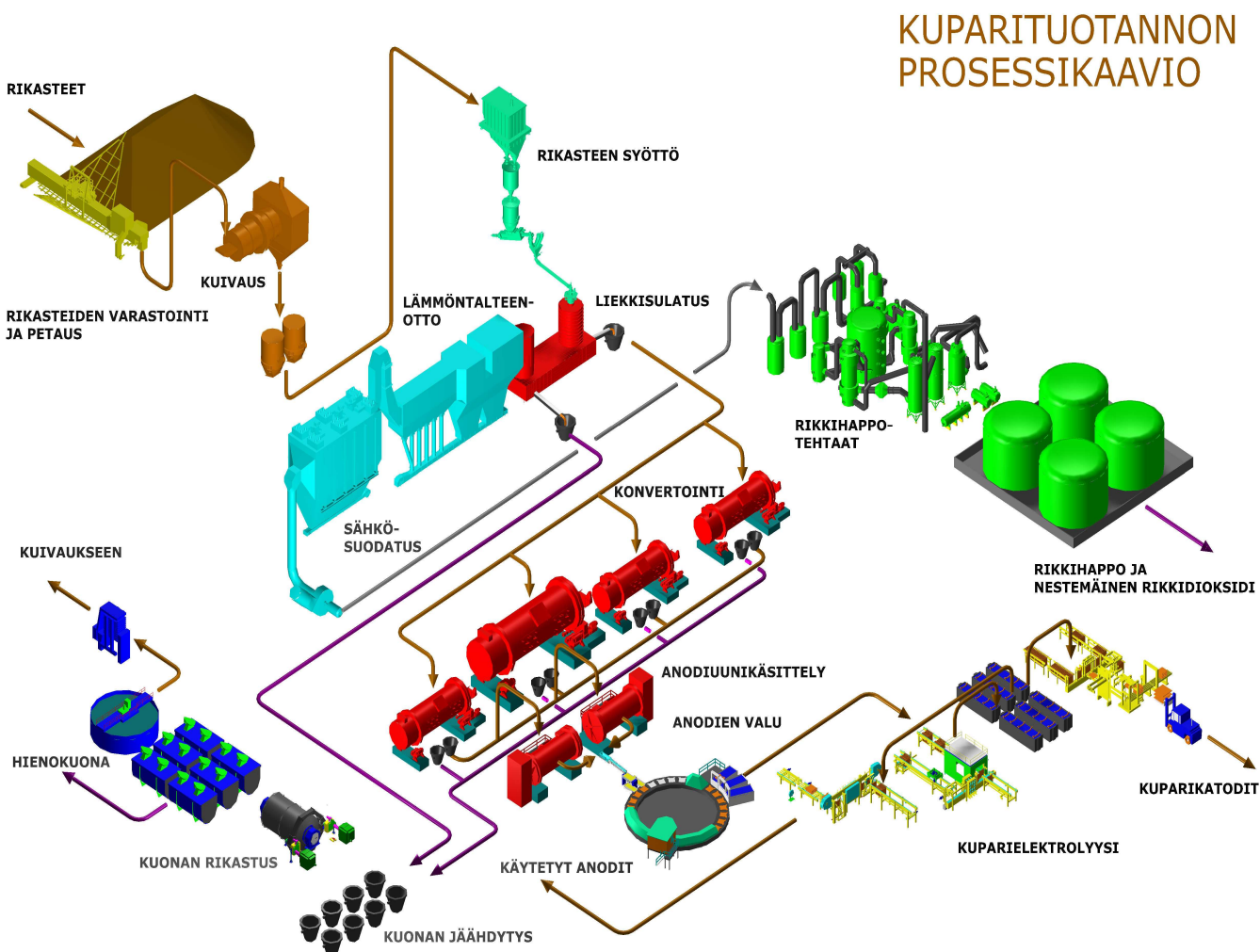
Tuotannot vuonna 2006: /2/

Kuparirikastesulatus	537 800 tonnia
Nikkelikastesulatus	205 000 tonnia
Primäärakupari	164 300 tonnia
Katodikupari	127 200 tonnia
Rikkihapo	632 200 tonnia
Nestemäinen rikkidioksidi	42 500 tonnia
Kulta	4 000 kg
Hopea	40 400 kg

### 3 PROSESSIN YLEISESITTELY

Boliden Harjavalta käyttää liekkisulatusmenetelmää kuparin valmistuksessa. Liekkisulatusprosessi sisältää seuraavat vaiheet

- syöttöseoksen valmistus ja kuivaus
- liekkisulatus
- konvertointi
- kuparin raffinointi anodiunissa ja valu anodilevyiksi



Kuva 1. Kuparituotannon prosessikaavio

Boliden Harjavaltaan saapuvat kuparirikasteet tulevat pääosin ulkomailta Mäntyluodon satamaan Poriin, josta ne kuljetetaan rautateitse Harjavallan tehtaalle.

Tehtaalla rikaste puretaan kasoiksi rikastevarastoon. Rikastekasoista rikasteet pedataan petauslaitokselle, josta ne annostellaan päiväsiiloihin, joista ne kulkeutuvat hihnakuljettimilla kuivaamoon. Tulevan rikasteen kosteus on n.8%. Kuivaamossa pyritään kuivaamaan rikaste höyrykuivaimella n.0,1% kosteuteen. Kuivattu rikaste menee kahteen välivarastosiiloon, joista ne siirretään pneumaattisilla kuljettimilla kuivarikaste-siiloon. Näistä siiloista rikaste on valmis siirrettäväksi sulatettavaksi liekkisulatus-uuniin.

Liekkisulatusuuniin syötetään rikasteiden mukana happirikastettua ilmaa ja tarpeen vaatiessa myös öljyä lämpötilan lisäämiseksi. Aineet reagoivat keskenään ja rikasteet sulavat. Uunin pohjalla sula jakautuu kahteen kerrokseen tiheyseroista johtuen. Alemmaksi laskeutuu kuparikivi, joka sisältää 66% kuparia. Päälle jää kuparikuona, joka poistetaan uunista ja viedään jäähtymään patajähdytysalueelle. Jäähtynyt kuparikuona viedään kuonarikastamolle murskattavaksi ja jauhattavaksi siinä olevan kuparin takia, samalla otetaan talteen myös kuonassa olevat arvometallit (kulta, hopea yms.). Talteen saatu kupari palautetaan takaisin prosessiin

Liekkisulatusuunista saatava kuparikivi siirretään konverttereihin. Konverttereissa kuparikivestä poistetaan siinä olevat epäpuhtaudet puhaltamalla sulan sekaan happea ja lisäämällä hiekkaa. Epäpuhtaudet nousevat sulan pintakerrokseen kuonana, joka poistetaan konvertterista. Konvertoinnissa on kaksi puhallusvaihetta; kuona- ja rikkaaksipuhallus. Konvertoinnilla saadaan kuparipitoisuudeksi 98%.

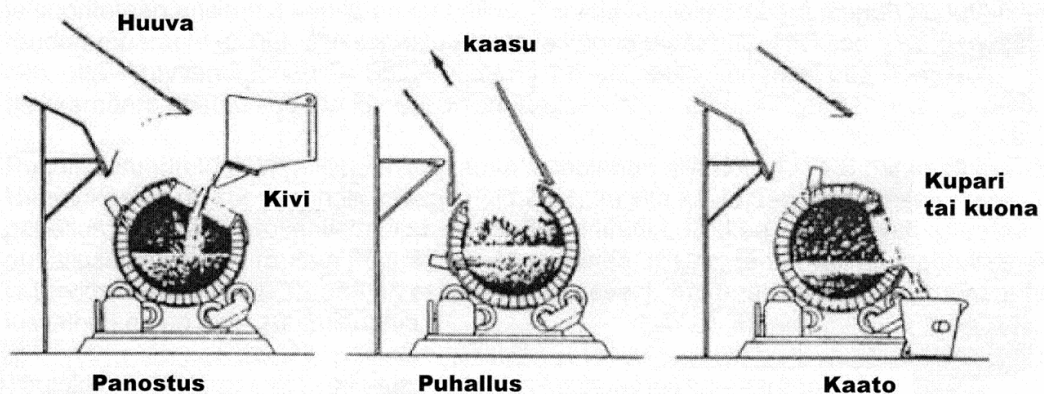
Konvertoinnissa saatu kupari siirretään anodiuniin, jossa jäljelle jäänyt rikki poistetaan hapettamalla. Ennen anodilevyjen valua kuparista poistetaan vielä siihen sitoutunut happi puhaltamalla siihen propaania. Anodikupari sisältää n.99% kuparia.

Anodiunista saatu kupari valetaan anodeiksi valimossa. Valetut levyt jäädytetään useilla vesisuihkuilla ja -kierroilla, jonka jälkeen levyt laitetaan vielä jäädytysaltaaseen. Jäähtyneet levyniput nostetaan junavaunuihin, jotka kuljetetaan Poriin elektrolyysiin./3/

## 4 KONVERTOINTI

Konvertoinnin tarkoituksena on poistaa kuparikiven sisältämät rauta, rikki ja muut epäpuhtaudet hapen avulla.

Harjavallan kuparisulatossa on käytössä Peirce-Smith-konvertointimenetelmä. PS-konvertointi on panosprosessi, jossa hapetetaan kuparikivi raakakupariksi.



Kuva 2. Peirce-Smith konvertterin panostus, puhallus ja kaato./4/

Konverttereita on neljä, joista aina kolme on kuumana ja yksi korjauksessa. Samanaikaisesti voidaan puhaltaa kahdella konvertterilla ja kolmas on panostus- tai tyhjennysvaiheessa. Puhaltavista konverttereista toinen on kuona- ja toinen rikkaaksipuhalluksella. Käyttöjakso konvertterilla on noin kaksi kuukautta, jonka jälkeen se muurauskorjataan.

Liekkiuunista kivi tuodaan hallinostureiden padoissa konvertteriin. Tyhjään konvertteriin laitetaan pohjalle koksia sekä murskaa tai linssiä ja loppukuonaa sekä mahdollisesti anodikuonaa. Kuonat hapettavat kiveä ja lyhentävät näin puhallusaikaa. Ne vähentävät hieman myös tarvittavaa kvartsihiekan määrää. Yhdessä panoksessa 10 tonnia kuonaa lyhentää puhallusaikaa noin 15 minuuttia ja vähentää tarvittavaa hiekan määrää 1-1,5 tonnia.

Pohjustuksen jälkeen konvertteriin tuodaan 4 pataa kiveä sekä 2,5-4 tonnia hiekkaa ja aloitetaan kuonapuhallus. Puhallus suoritetaan venttiilihormien kautta sulapinnan

alle n. 1,0-1,5 bar:in paineella. Yksi puhallus kestää 20-50 minuuttia, kiviprosentista riippuen. Kokonaisuudessaan kuonapuhallus kestää n. 100 minuuttia. Paljon kuparikiveä sisältävässä kuparissa on vähemmän rautaa, mikä vähentää puhallusaikaa. Kiviprosentin vaikutus puhallusaikaan ja tarvittavaan hiekkamäärään on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kiviprosentin vaikutus puhallusaikaan ja hiekkamäärään /4/

Kiviprosentti (%)	Puhallusaika (min)	Hiekkamäärä (tonnia)
62	12	1,35
66	9	1,00
70	6	0,65

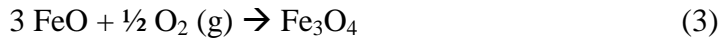
Kuona poistetaan puhallusten jälkeen kuonankaadossa. Kaikkea kuonaa ei ole tarkoitus poistaa, koska seuraavien kuonien laatu paranee jos jätetään hiukan vanhaa kuonaa konvertteriin. Kuona sisältää 2-10 % kuparia, joka otetaan talteen. Kuona jäädytetään padoissa ja käsitellään kuonarikastamalla.

Kuonan kaadon yhteydessä otetaan uutta kiveä konvertteriin niin kauan kuin siinä on tilaa. Yleensä otetaan 4+2+2 pataa. Puhallusta jatketaan kunnes kaikki rauta saadaan hapetettua.

#### 4.1 Kuonapuhallus

Kuonapuhalluksessa kuparikivessä oleva rautasulfidi (FeS) hapetetaan rikkidioksidiksi ja rautaoksidiksi (FeO), joka muodostaa hiekan kanssa fajaliittikuonaa (Fe<sub>2</sub>OSiO<sub>4</sub>). Hapetuksessa käytetään happirikastettua ilmaa (28-30%). Kuona nousee kevyempänä pinnalle ja kuonapuhalluksen jälkeen konvertteriin jää kuparisulfidia (Cu<sub>2</sub>S).

Kuonapuhalluksessa tapahtuvat reaktioyhtälöt:



Kuonapuhalluksen jälkeen konvertterissa on ns. muuttokivi eli  $\text{Cu}_2\text{S}$ , jossa on kuparia 78% ja rautaa <1%.

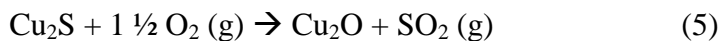
#### 4.2 Rikkaaksipuhallus

Rikkaaksipuhallusvaiheessa muuttokivessä ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) oleva rikki hapetetaan  $\text{SO}_2$ :ksi. Tavoitteena on saada raakakuparin rikkipitoisuudeksi alle 0,02% ja happipitoisuudeksi 0,2-1,5 %.

Rikkaaksipuhallusvaiheessa ei synny kuonaa, mutta epätäydellisen kuonapuhalluksen ja jäähdykkeiden raudan takia konvertteriin jää kuitenkin hieman kuonaa. Hapetusvaihe jatkuu kunnes miltei kaikki rikki on poistettu.

Hapetusreaktiot ovat rikkaaksipuhallusvaiheessa voimakkaan eksotermisiä eli lämpöä tuovia. Puhalluksen aikana lisätäänkin kuparijäähdykkeitä kahdesta syystä; kuparimäärän lisäämiseksi ja jotta panoksen lämpötila saataisiin pidettyä tasalämpöisenä. Liian kuumana ajo rasittaa lisäksi muurauksia. Rikkaaksipuhallusvaiheessa jäähdykkeiden pitäisi olla mahdollisimman puhdasta kuparia, jotta jäähdykkeistä ei syntyisi kuonaa. Rikkaaksipuhallus kestää noin 200 minuuttia, panoksen koosta riippuen.

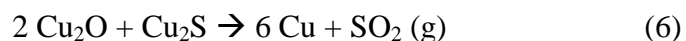
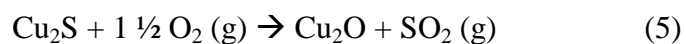
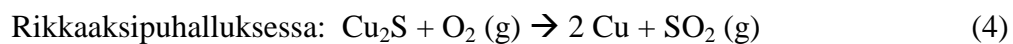
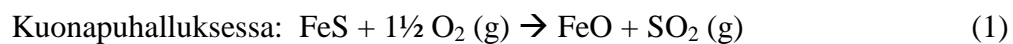
Rikkaaksipuhalluksessa tapahtuvat reaktioyhtälöt:



Puhalluksen loppuvaiheessa jäähdykkeiden syöttö konvertteriin lopetetaan ja valmistaudutaan ottamaan loppukuona pois. Loppukuona on hyvin kuparipitoista, joten sitä ei viedä kuonarikastamolle, vaan se palautetaan seuraavaan konvertteri panokseen. /4,5/

## 5 KAASUN MUODOSTUMINEN

Konverttereilla muodostuu kaasuja seuraavien reaktioiden mukaisesti:



Rikkidioksidin lisäksi kaasussa on syöttöilman mukana tulevaa typpeä. Myös jäähdytysilmasta ja jäähdytysvedestä muodostuu lisäkaasuja. Konvertoinnissa syntyvät kaasut johdetaan ns. yhteisputkeen, jota kautta ne johdetaan rikkihappotehtaalalle.

Rikkihappotehtaille tulee kaasua myös nikkeli- ja kupariliiekkisulatusuuneilta, mutta tässä työssä keskitytään enemmän konvertoinnissa tapahtuviin reaktioihin.

Taulukossa 2. on esitetty teoreettisesti lasketut kaasujen maksimaaliset muodostusmäärät ja pitoisuudet. Ni- ja Cu FSF kuvaavat Ni- ja Cu liekkisulatusuuneja, PS 12\*26 kuvaa yhtä pienemmistä konverttereista (eli 1,2 tai 4 konvertteria) ja PS 13\*34 kuvaa uutta 3 konvertteria.

Taulukko 2. Max kaasumäärät ja pitoisuudet liekkiuuneilta ja konverttereilta /7/

		Ni FSF	Cu FSF	PS 12*26	PS 13*34
Kaasumäärä	Nm3/h	18023	45926	58644	86756
Lämpötila	C	336	339	330	333
Pitoisuudet					
SO <sub>2</sub>	%	30,65	32,37	8,14	8,61
SO <sub>3</sub>	%	0,15	0,66	0,04	0,04
H <sub>2</sub> O	%	4,57	2,32	5,18	7,16
CO <sub>2</sub>	%	3,75	1,06	0,00	0,00
O <sub>2</sub>	%	5,13	4,38	11,93	10,89
N <sub>2</sub>	%	55,76	59,20	74,71	73,29

## 6 KAASUJEN KÄSITTELY

Kuparin liekkisulatuksessa ja konvertoinnissa sekä nikkelin liekkisulatuksessa syntyneissä kaasuisissa on pölyä, joka sisältää erilaisia metalleja. Kuumat kaasut jäädytetään lämmöntalteenottokattiloissa. Jäädytetty kaasu johdetaan sähkösuodattimen kautta rikkahappotehtaille, missä kaasun sisältämä rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>) muutetaan rikkihapoksi (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Loppu kaasu on pääasiassa typpeä ja se johdetaan piippuun ja sieltä ulkoilmaan.

Sulatosta imetään myös ilmastointikaasuja, joiden SO<sub>2</sub> pitoisuus on niin vähäinen ettei niitä voida käsitellä rikkihappotehtailla. Näistä kaasuista pölyt puhdistetaan letkusuodattimilla. Myös kuivaamojen ja anodiunien pölyt käsitellään letkusuodattimilla. Sulatolla on käytössä myös useita sähkösuodattimia eri kohteissa.

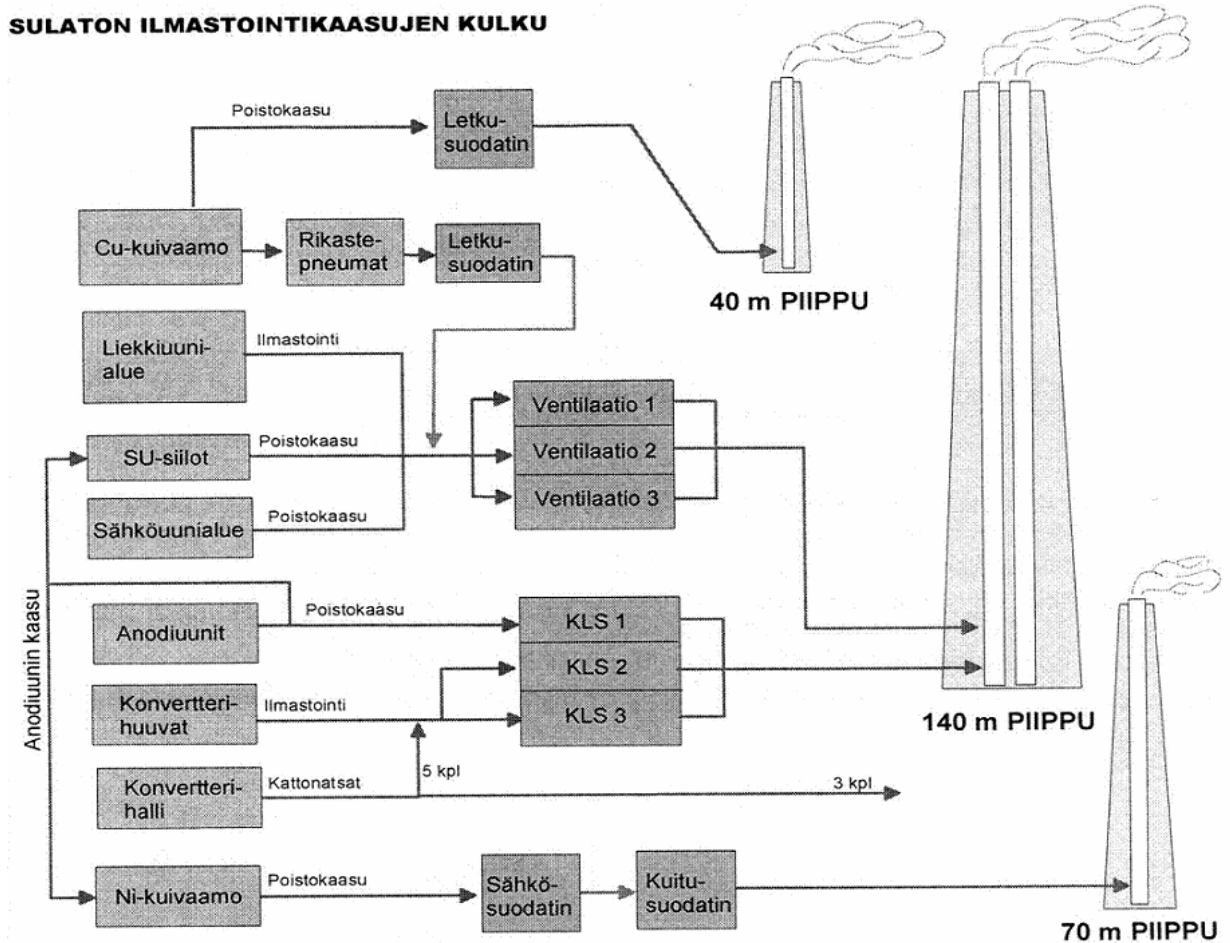
## 6.1 Sulaton piiput

Harjavallan sulatolla on käytössään 3 piippua, 140 metriä korkea pääpiippu sekä 70 metriä ja 40 metriä korkeat piiput.

Pääpiipun (140m) sisällä on kaksi putkea. Toinen putkista on rikkihappotehtaiden poistokaasuille ja toinen sulaton ilmastointikaasuille. Sulaton putkeen tulevat ilmastointikaasut liekkiuunialueelta ja sähköuunilta suodatetaan ventilaatiosuodattimella ennen piippuun johtamista. Loput sisäputkeen tulevat kaasut tulevat lähinnä konvertterialueen letkusuodattimelta.

Lyhyempään piippuun (70m) johdetaan nikkelikastekuivaimen kaasut sähkösuodattimen ja kuitusuodattimen läpi. Lisäksi kolmanteen käytössä olevaan piippuun (40m) johdetaan kuparikuivaamon poistokaasuja letkusuodattimen läpi./6/

Poistokaasujen jakautuminen sulatolla on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Sulaton kaasunjakokaavio /6/

## 7 RIKKIHAPON VALMISTUS

Liekkisulatusuuneilta ja konverttereilta syntyvät kaasut johdetaan lämmöntalteenoton ja pölynpoiston jälkeen rikkihappotehtaalle. Happotehtaalla kaasu pestään, väkevöidään ja kuivataan ennen itse hapon valmistusta.

Sähkösuodattimilta tuleva kaasu johdetaan happotehtaalla ensin pesuun, jossa poistetaan kaasussa oleva rikkitrioksidi ( $\text{SO}_3$ ), metallihuurut ja pölyt laimealla rikkihapolla. Tästä syntyy ns. pesuhappoa, joka sisältää 10 % rikkihappoa ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ja nitraatteja ja muita typen yhdisteitä. Pesuhappoon jää myös arseenia, lyijyä, sinkkiä, seleeniä, antimonia, vismuttia, rautaa ja kuparia. Tämä sakka erotetaan pesuhaposta sakeuttamalla ja suodattamalla painesuodattimella.

Kiintoaineiden poiston jälkeen pesuhappo väkevöidään haihduttamalla siitä vettä ja halogeeneja alipainehaihdutuksella ja uppohaihdutuksella. Alipainehaihduttimella happoliuosta kierrätetään alipaineessa olevan haihduttimen ja lämmönvaihtimen välillä. Liuos lämpenee ja alipainehaihduttimessa tapahtuu haihtumista ja muodostunut höyry johdetaan kaasuna pois ja liuos väkevöityy. Uppohaihdutuksessa uppohaihduttimessa olevaan liuokseen johdetaan kuumia savukaasuja ja lämmön vaikutuksesta tapahtuu haihtumista.

Ennen kuivaustorniin johtamista kaasut käsitellään vielä markäsähkösuodattimilla. Kuivaustornissa kaasusta poistetaan vesihöyry. Kuivaus tapahtuu johtamalla kostea kaasu väkevöityä (96 %) rikkihappoa vastaan täytekappeletornissa.

Kun kaasu on puhdistettu ja kuivattu, se johdetaan varsinaiseen rikkihappoprosessiin. Ensin rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ ) hapetetaan kontaktiparaateissa rikkitrioksidiksi ( $\text{SO}_3$ ). Rikkitrioksidi johdetaan imeytystorniin, jossa se imeytetään väkevään rikkihappoon. Imeytyksessä  $\text{SO}_3$  reagoi imeytyshapon sisältämän veden kanssa muodostaen rikkihappoa.

Tuotehappoa otetaan jatkuvasti ulos imeytyskierrosta ja laimennetaan 93-96 %:iin kauppalaaduksi.

## 8 MITTAUKSET

Harjavallan tehtailla on käytössä Damatic-käyttöjärjestelmä, jolla ohjataan tehtaan kaikkia automaattisia laitteita. Käyttöjärjestelmällä ohjataan laitteita antamalla asetuservoja (esim. virtausnopeuksia tai paineen arvoja yms.) ja eri mittalaitteiden tulosten perusteella järjestelmä muuttaa säätöjä (esim. venttiilien asentoja tai moottorin pyörimisnopeuksia yms.), jotta nämä asetuservot saavutettaisiin. Nämä mittaukset ja arvot taas tallentuvat DNA-tietokantaan. Näitä tietoja voi tarkastella Wedge-nimisellä ohjelmalla jälkikäteenkin. Tässä työssä ei siis erillisiä mittauksia tarvinnut tehdä, vaan tietokannasta löytyi kaikki tarvittava data.

Tarkastelujaksoksi sovittiin 30.10.2007-24.1.2008. Tämä oli 3. konvertterin käyttöväli, eli konvertteri otettiin käyttöön huollon jälkeen 30.10.-07 ja se meni uudestaan huoltoon 24.1.-08 jälkeen.

Otin tarkasteluun yhteensä kuusi eri aikaväliä tältä jaksolta. Nämä valitsin niin, että 3. konvertteri meni rikkaaksi ja joku toinen konvertteri oli kuonapuhalluksella. (eli 3.konvertteri rikkaaksi ja 1. kuonalla , 3. rikkaaksi ja 2. kuonalla ja vielä niin että 3. rikkaaksi ja 4. kuonalla). Valitsin myös aikavälejä jolloin 3. konvertteri oli kuonapuhalluksella ja muut konvertterit rikkaaksi puhalluksilla.

### 8.1 Kuvaajat

Analysointi oli suoritettu kuvaajien avulla. Kuvaajat ovat lisätty liitteiksi työn loppuun.

Konvertterien tilatiedot kertovat mikä on konvertterin käyttötila. Kuvaajassa y-akselilla 6 tarkoittaa että konvertteri ei ole käytössä (yleensä huollossa), 5 tarkoittaa että konvertteri on tyhjä tai 0-asennossa, 4 kuvaa rikkaaksi-puhallusvaihetta, 3 kuonapuhallusvaihetta, 2 tarkoittaa panostus asentoa ja 1 pakkoajoa (tyhjennys käynnissä tällöin).

Konvertterin asennosta voi lukea koska se on puhalluksella ja koska se on käännetty eteen. Konvertteri käännetään eteen, kun siitä kaadetaan kuonaa tai kun siihen otetaan jäähdykkeitä, kiveä tms. sisään. Puhallusasento on noin 60:ssä asteessa ja edessä se on noin 130 asteessa. Puhallusasento on taaempana , jotta syntyvät kaasut kulkeutuvat helpommin imuputkeen ( Katso kuva 2. s.9).

Vinoventtiileilla säädetään kuinka paljon konvertterista imetään yhteisputkeen kaasuja. Venttiilit sijaitsevat konvertterin hatusta lähtevässä putkessa ennen yhteisputkea. Kuvaajassa 0 % kuvaa asentoa jolloin venttiili on täysin kiinni ja 100 % kuvaa asentoa jolloin venttiili on täysin auki.

Piippu 140m ja KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuus kuvaaja kertoo konvertterin letkusuodattimen jälkeisen kaasun ja 140 metrisen piipun kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuuksia. Käyristä voidaan päätellä milloin eniten tulee ns. päästökaasuja.

Konvertterien hattujen paineet kertovat millainen imu on kunkin konvertterin hatussa. Paine mitataan putkesta joka johtaa konvertterista yhteisputkeen, mutta kumminkin selvästi ennen vinoventtiiliä.

Yhteisputken paine eli konvertterin poistokaasuputken paine kertoo millainen imu on kohti happotehdasta. Putken paine ja SO<sub>2</sub>-pitoisuus mitataan yhteisputkesta ennen jätelämpökattilaa.

Kaasumäärät happotehtaille-kuvaajasta näkee minkälaisia kaasumääriä menee kullekin happotehtaalalle ja kaasujen yhteismäärän. Kaasumäärät mitataan rikkihappotehtailla ennen pesureita. Konvertterikaasut johdetaan pääosin 7. tehtaalle, mutta myös 6.tehdas käsittelee vähän konvertterikaasuja.

## 9 ANALYSOINTI

### 9.1 Konvertteri 3:n hatun ja yhteisputken paineet

Paineiden asetusarvot ovat -1,5 mbar.

#### 9.1.1 Konvertteri 3 kuonapuhalluksella

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 21.12.2007 klo 19:00-21:28, konvertteri 1 rikkaaksipuhalluksella klo 19:50 saakka. Aluksi kun konvertteri 1 oli rikkaaksipuhalluksella, niin 3. hatun paineet olivat puhalluksen aikana n.-1,2 mbar ja eteen käännettynä nollan paikkeilla. Konvertteri 1:n hatun paineet olivat samanaikaisten puhallusten aikana -0,2mbar ja 1:n puhaltaessa yksin ne olivat -0,4 mbar. Konvertterin 1:n panoksen tultua valmiiksi ja 3:n puhaltaessa yksin sen hatun paineet olivat -2,0 mbar.

Yhteisputken paine vaihteli pääosin välillä -0,2 mbar ja 0,3 mbar. Kuvaajassa olevat terävät ”piikit” tulivat kun 3.konvertteri ainoana puhaltamassa. Yhteisputki oli selvästi ylipaineella kun konvertteri 3 aloitti puhallukset, mutta pääsi useimmiten takaisin pienelle imulle puhalluksen edetessä. Kun konvertteri 3 ei puhaltanut yhteisputken paine oli noin -0,2mbar. Konvertteri 1:n puhallukset eivät aiheuttaneet yhteisputken paineessa suuria muutoksia.

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 30.11.2007 klo 21:20-1:00, konvertteri 2 rikkaaksipuhalluksella klo 23:15 saakka.Samanaikaisilla puhalluksilla 3. konvertterin hatunpaineet olivat -1,2 mbar ja 2. konvertterin hatunpaineet olivat -0,4 mbar. Konvertteri 2:n puhaltaessa yksin, oli sen hatun paineet -1,2 mbar ja 3:n puhaltaessa yksin, sen hatun paineet olivat -2,0 mbar.

Yhteisputken paine vaihteli välillä -0,3 mbar ja 0,3 mbar. Ennen kuin 2. konvertterin panos valmistui, paine vaihteli välillä -0,2 mbar ja 0,2 mbar. Yhteisputki oli selvästi ylipaineella kun 3. konvertteri aloitti puhallukset, mutta pääsi pienelle imulle

puhalluksen edetessä. Konvertteri 2:n lähtiessä yksin puhallukselle, yhteisputken paineet muuttuivat -0,15mbar:sta -0,05mbar:iin.

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 5.1.2008 klo 4:47-10:33, konvertteri 4 rikkaaksipuhalluksella klo 4:5-7:15. Klo 8:20 prosessiteknisistä syistä konvertterien puhallukset lopetettu. Konvertterien samanaikaisilla puhalluksilla konvertteri 3:n hatunpaineet oli -1,5 mbar ja 4:n hatun paineet oli -0,15 mbar. Konvertteri 3:n puhaltaessa yksin, sen hatunpaineet vaihtelivat -1,5mbar ja -2,0 mbar välillä. Konvertteri 4:n puhaltaessa yksin, sen hatunpaineet oli -1,0 mbar.

Yhteisputkenpaine vaihteli puhallusten aikana -0,2 mbar ja 0,2 mbar välillä. Yhteisputki oli selvästi yli paineella, kun konvertteri 3 aloitti puhallukset, mutta pääsi pienelle imulle puhalluksen edetessä. Konvertteri 4:n aloittaessa yksin puhallukset. muuttuivat yhteisputken paineet -0,1mbar:sta -0,03 mbar:iin..

#### 9.1.2 Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 7.11.2007 klo 6:52-10:33 ja 2. konvertteri kuonapuhallukselle klo 7:59. Konvertteri 3:n hattu puhallusasennossa saavutti -2,0 mbar imut ja eteen käännettynäkään imut ei juuri menneet paineelle. Jos konvertteri 2 puhalsi samaan aikaan niin 3:n hatun imut laskevat -1 mbar:iin ja 2:n hatun imut ovat -0,4 mbar:n luokkaa.

Yhteisputken paine vaihteli välillä 0,4mbar ja -0,4 mbar. Yhteisputki oli selvästi ylipaineella konvertteri 3:n aloittaessa puhallus, mutta pääsi pienelle imulla puhalluksen edetessä. Konvertteri 2:n puhallukset eivät suuremmin vaikuttaneet yhteisputken paineeseen.

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 1.11.2007 klo 19:21-23:30 ja konvertteri 4 kuonapuhallukselle klo 20.10. Konvertteri 3:n hatussa imut puhallusasennossa olivat -1,5mbar luokkaa ja eteen käännettynä 0 mbar. Samaan aikaan konvertterit eivät olleet puhalluksella kuin kerran ja silloin imut olivat 3:n hatussa -0,4 mbar ja 4:n hatussa -0,3 mbar.

Yhteisputken paine vaihteli 0,3 mbar ja -0,3 mbar välillä, pääosin kumminkin alle 0 mbar eli imulla. Yhteisputki selvästi ylipaineella konvertteri 3:n aloittaessa puhallus, mutta pääsi puhalluksen edetessä pienelle imulle. Konvertteri 4:n aloittaessa yksin puhallus, muuttuivat yhteisputken paineet -0,2mbar:sta 0mbar:iin, mutta tasoittuivat -0,05 mbar:iin puhalluksen edetessä.

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 29.11.2007 klo 1:35-4:55 ja konvertteri 1 kuonapuhallukselle klo 2:52. Konvertteri 3:n hatussa imut olivat puhallusasennossa noin -1,9 mbar ja eteen käännettynä imut olivat -0,2 mbar ja -0,7 mbar välillä. Konvertterit 3 ja 1 eivät puhaltaneet samaan aikaan.

Yhteisputken paine vaihteli -0,3 mbar ja 0,3 mbar:n välillä. Paineet käyttäytyivät kuten edellisekin, eli kun konvertteri 3 aloitti puhallukset, oli yhteisputki selvästi ylipaineella, mutta pääsi pienelle imulle puhalluksen edetessä. Konvertteri 1:n puhallukset aiheuttivat pienen vaihtelun yhteisputken paineeseen, mutta pysyi imun puolella.

### 9.1.3 Yhteenveto

Konvertteri 3:n puhaltaessa yksin, sen hatun paineet vaihtelivat -1,5 mbar ja -2,0 mbar välillä. Pääosin hatun imut olivat puhalluksen alussa -2,0 mbar, josta ne sitten putosivat -1,5 mbar:iin. Muiden konvertterien kanssa yhtä aikaisilla puhalluksilla konvertteri 3:n hatun paineet olivat pienemmät kuin sen puhaltaessa yksin, pääosin paineet oli silloin noin -1 mbar. Poikkeuksena konvertteri 3:n ollessa rikkaaksipuhalluksella ja 4:n ollessa kuonapuhalluksella, jolloin konvertterien yhtä aikaisella puhalluksella 3:n hatun paineet oli -0,4 mbar. Myös muiden konvertterien hattujen paineet olivat pienemmät yhtä aikaisilla puhalluksilla kuin silloin kun ne puhalsivat yksin. Hatun paineisiin ei vaikuttanut oliko konvertteri 3 kuona-, vai rikkaaksipuhalluksella.

Mittausten mukaan yhteisputki oli konvertteri 3:n puhalluksen alussa selvästi ylipaineella. Puhalluksen jatkuessa putken paine pääsi kumminkin yleensä imun

puolelle. Muiden konvertterien puhallukset aiheuttivat puhalluksien alussa myös pientä paineen nousua, mutta ei niin merkittävästi kuin konvertteri 3.

## 9.2 Vinenttiilien ajo

### 9.2.1 Konvertteri 3 kuonapuhalluksella

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 21.12.2007 klo 19:00-21:28, jonka jälkeen se meni rikkaaksipuhallukselle, konvertteri 1 oli rikkaaksipuhalluksella klo 19:50 saakka. Samanaikaisten puhallusten aikana konvertteri 3:n vinoventtiili oli auki 85% ja 1:n venttiili oli auki 100%. Klo 20:00-20:40 oli konvertteri 3:n vinoventtiili aukaistu 90%-100% puhallukselle mentäessä, ja siitä se oli sulkeutunut 70%:iin. Loppu kuonapuhallusaika 3:n vinoventtiili oli aukaistu puhallukselle käännettäessä 75%, josta se oli sulkeutunut 65%:iin. Konvertteri 3:n vinoventtiili oli auki 22% konvertterin ollessa eteen käännettynä.

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 30.11.2007 klo 21:20-1:00, konvertteri 2 rikkaaksipuhalluksella klo 23:15 saakka. Ennen kuin 2. konvertterin panos tuli valmiiksi, niin yhtäaikaisilla puhalluksilla oli konvertteri 3:n vinoventtiili auki 75% ja 2:n vinoventtiili oli auki 90%. Konvertteri 2:n panoksen tultua valmiiksi ja 3:n puhallettaessa yksin, 3:n vinoventtiili oli auki puhallukselle käännettäessä 85%, mutta sulkeutunut sitten 70%:iin. Konvertteri 3:n vinoventtiili oli auki 15% konvertterin ollessa eteen käännettynä.

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 5.1.2008 klo 4:47-10:33, konvertteri 4 rikkaaksipuhalluksella klo 4:5-7:15. Klo 8:20 oli prosessiteknisistä syistä konvertterien puhallukset lopetettu. Yhtäaikaisilla puhalluksilla oli konvertteri 3:n vinoventtiili auki 100% ja 4:n vinoventtiili oli auki 85-90%. Konvertteri 3:n puhallettua yksin, oli sen venttiili aukaistu 80%, josta se oli sulkeutunut 65%:iin. Ennen kuin konvertteri 4:n panos oli tullut valmiiksi, konvertteri 3:n vinoventtiili oli auki 15% konvertterin ollessa eteen käännettynä. Konvertteri 4:n panoksen

valmistuttua, konvertteri 3:n vinoventtiili oli auki 22% konvertterin ollessa eteen käännettynä.

### 9.2.2 Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 7.11.2007 klo 6:52-10:33 ja konvertteri 2 kuonapuhallukselle klo 7:59. Vinoventtiilit aukaistu 100%, kun on lähdetty puhallukselle. Jos hatun paineen asetusarvo on saavutettu, on vinoventtiiliä suljettu hieman (liukuvasti n.70%:iin.). Jos konvertteri 2 on puhaltanut samaan aikaan, niin sen vinoventtiili auki 100% ja konvertteri 3:n 80%. Ensimmäiset 2 tuntia 3:n vinoventtiiliä on suljettu 20-30 %:iin konvertterin ollessa eteenkäännettynä, klo 8:50 jälkeen eteenkäännettynä vinoventtiili on suljettu 5 %:iin.

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 1.11.2007 klo 19:21-23:30 ja konvertteri 4 kuonapuhallukselle klo 20.10. Konvertteri 3:n vinoventtiili on aukaistu 100% kun lähdetty puhallukselle. Jos konvertteri 3 oli eteenkäännettynä lyhyehkön ajan (n.4min) venttiiliä suljettu noin 60%:iin ja jos pidemmän aikaa edessä niin venttiili suljettu 20%:iin. Jos konvertterit olivat puhalluksella samaan aikaan, niin 3:n venttiili oli auki n.80% ja konvertteri 4:n venttiili oli auki 95%.

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 29.11.2007 klo 1:35-4:55 ja konvertteri 1 kuonapuhallukselle klo 2:52. Ensimmäisen puolen tunnin aikana oli konvertteri 3:n vinoventtiili aukaistu puhallukselle lähettäessä n.70% auki ja konvertterin ollessa eteen käännettynä vinoventtiili oli auki 25%. Puolen tunnin jälkeen venttiili oli aukaistu puhallukselle mentäessä 100% ja eteenkäännettynä n.75%. Jos konvertterien puhallukset tapahtuivat samaan aikaan, niin konvertteri 1:n venttiili oli auki 95% ja 3:n 75%. Jos konvertteri 1 oli puhalluksella ja konvertteri 3 edessä, niin 3:n venttiili oli auki 25%.

### 9.2.3 Yhteenveto

Konvertteri 3:n vinoventtiili oli 3:n rikkaaksipuhallusten aikana aukaistu 100%, kun se puhalsi yksin. Konvertteri 3:n ollessa kuonapuhalluksella vinoventtiili oli puhallukselle lähdeettäessä aukaistu 75-85%, josta sitä oli suljettu 65-70%:iin. Yhtä aikaisilla puhalluksilla oli konvertteri 3:n vinoventtiili aukaistu 75-85% ja muiden konvertterien venttiilit 90-100%. Poikkeuksena konvertteri 3:n ollessa kuonapuhalluksella ja 4:n ollessa rikkaaksipuhalluksella, oli yhtä aikaisella puhalluksella 3:n vinoventtiili aukaistu 100% ja 4:n 85-90%.

Konvertteri 3:n ollessa kuonapuhalluksilla, oli 3:n vinoventtiili auki eteen käännettynä 15-22%. Konvertteri 3:n ollessa rikkaaksipuhalluksella oli 3:n vinoventtiiliä suljettu monipuolisemmin konvertterin ollessa eteen käännettynä. Pääosin oli vinoventtiili 20-30% auki eteen käännettynä, mutta 3:n ollessa rikkaaksipuhalluksella ja 1:n ollessa kuonapuhalluksella, oli ensimmäisen puolen tunnin jälkeen 3:n vinoventtiili suljettu konvertteri eteen käännettynä vain 75%:iin ja 3:n ollessa rikkaaksipuhalluksella ja 2:n ollessa kuonapuhalluksella, oli 2 tunnin puhaltamisen jälkeen 3:n vinoventtiili suljettu eteen käännettäessä 5%:iin.

## 9.3 Kaasumäärät ja yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus

### 9.3.1 Konvertteri 3 kuonapuhalluksella

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 21.12.2007 klo 19:00-21:28, jonka jälkeen rikkaaksipuhallukselle, konvertteri 1 rikkaaksipuhalluksella klo 19:50 saakka. Kaasumäärä 7. tehtaalle vaihdellut 110 000 Nm<sup>3</sup>/h ja 60 000 Nm<sup>3</sup>/h välillä, riippuen olivatko konvertterit puhalluksella vai ei. Viimeisen tunnin aikana oli kaasumäärä puhalluksen aikana 90 000 Nm<sup>3</sup>/h.

Pääpiipun (140) kaasumäärä n.750 000 Nm<sup>3</sup>/h koko ajan, paitsi klo 21:20 oli kaasumäärä käässäyt 850 000 Nm<sup>3</sup>/h:ssa.

Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus oli koko ajan noin 9%.

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 30.11.2007 klo 21:20-1:00, konvertteri 2 rikkaaksipuhalluksella klo 23:15 saakka. Kaasumäärä 7. tehtaalle ollut pääosin 100 000-110 000 Nm<sup>3</sup>/h, kun konvertteri 2 oli vielä rikkaaksipuhalluksella. Konvertteri 2:n panoksen valmistuttua ja konvertteri 3 oltua yksin kuonapuhalluksella kaasumäärä vaihdellut 90 000 Nm<sup>3</sup>/h ja 115 000 Nm<sup>3</sup>/h välillä, riippuen oliko konvertteri puhalluksella vai ei.

Pääpiipun (140m) kaasumäärä ollut ensimmäisen tunnin aikana noin 700 000 Nm<sup>3</sup>/h ja seuraavan tunnin 750 000 Nm<sup>3</sup>/h jonka jälkeen nousut tasaisesti 820 000 Nm<sup>3</sup>/h saakka.

Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus ollut tasaisesti 1 % luokkaa.

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 5.1.2008 klo 4:47-10:33, konvertteri 4 rikkaaksipuhalluksella klo 4:5-7:15. Klo 8:20 oli prosessiteknisistä syistä konvertterien puhallukset lopetettu. Kaasumäärä 7. tehtaalle vaihdellut 65 000 Nm<sup>3</sup>/h ja 110 000 Nm<sup>3</sup>/h välillä. Klo 8:20 puhallukset lopetettu, joten kaasumäärä 7. tehtaalle on pudonnut nolnaan klo 9:00 mennessä.

Pääpiipun (140m) kaasumäärä ollut pääosin yli 800 000 Nm<sup>3</sup>/h, klo 5:53 ja klo 8:53 käyty jopa yli 900 000 Nm<sup>3</sup>/h. Klo 9:08 kaasumäärä pudonnut hieman alle 800 000 Nm<sup>3</sup>/h.

Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus ollut aluksi kymmenisen minuuttia 7%, josta pudonnut nopeasti 1%:iin, josta taas noussut yhtä nopeasti 11%:iin, josta tasaantunut tunniksi 8%:iin. Klo 6:50 pitoisuus pudonnut 1%:iin, josta pitoisuus on pienentynyt tasaisesti aina 0,15%:iin saakka.

### 9.3.2 Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 7.11.2007 klo 6:52-10:33 ja konvertteri 2 kuonapuhallukselle klo 7:59. Kaasumäärä 7. happotehtaalle, jonne konvertterikaasut

pääosin menevät, seurasi konvertterien puhalluksia. Kun konvertterit puhalsivat, kaasumäärä hieman päälle 130 000 Nm<sup>3</sup>/h ja kun konvertterit ei puhalla, niin kaasumäärä hieman alle 100 000 Nm<sup>3</sup>/h. Poikkeuksena oli 8:50-9:10 välinen aika, jolloin kaasumäärä on laskenu 30 000 Nm<sup>3</sup>/h:ssa.

Pääpiipun (140m) kaasu määrä vaihteli 650 000 ja 700 000 Nm<sup>3</sup>/h välillä.

Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus ollut 1% ensimmäiset 2,5 tuntia ja sen jälkeen pitoisuus pompannut 6%:iin ja pysynyt siinä loppu tarkasteluajan.

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 1.11.2007 klo 19:21-23:30 ja konvertteri 4 kuonapuhallukselle klo 20.10. Kaasumäärä 7. tehtaalle seurasi konvertterien puhalluksia. Keskimääräisesti 7. tehtaalle tuli noin 100 000 Nm<sup>3</sup>/h. Jos kumpikaan konverttereista ei puhaltanut, kaasumäärä 7.tehtaalle laski noin 40 000 Nm<sup>3</sup>/h:ssa ja konvertterien samanaikaisilla puhalluksilla kaasumäärä nousi 130 000 Nm<sup>3</sup>/h:ssa.

Pääpiipun (140m) kaasumäärä vaihteli 650 000 ja 700 000 Nm<sup>3</sup>/h välillä.

Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus ollut 1% ensimmäiset 2,5 tuntia ja sitten noussut 6%:iin ja jatkanut nousua vielä seuraavan puolen tunnin aikana 10%:iin, mutta sitten pudonnut takaisin 6%:iin ja pysynyt loppuun asti siinä.

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 29.11.2007 klo 1:35-4:55 ja konvertteri 1 kuonapuhallukselle klo 2:52. Kaasumäärä 7. tehtaalle vaihdellut, riippuen oliko konvertterit puhalluksella vai ei, 120 000 Nm<sup>3</sup>/h ja 80 000 Nm<sup>3</sup>/h välillä.

Pääpiipun (140m) kaasumäärä vaihteli 750 000 ja 800 000 Nm<sup>3</sup>/h välillä.

Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus pysynyt alle 1% ensimmäisen tunnin ajan, sen jälkeen pitoisuus alkanut nousta 12%:iin. Kello 4:05 pitoisuus käynyt alle 10%, mutta sitten noussut takaisin 12%. Viimeisen puolen tunnin aikana pitoisuus pudonnut taas 6%:iin.

### 9.3.3 Yhteenveto

Konvertteri 3:n ollessa rikkaaksipuhalluksella kaasumäärä 7. tehtaalle oli puhallusten aikana noin 130 000 Nm<sup>3</sup>/h ja kuonapuhalluksella pääosin 110 000 Nm<sup>3</sup>/h. Kun konvertterit eivät olleet puhalluksella, kaasumäärä oli 40 000-60 000 Nm<sup>3</sup>/h.

Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus oli konvertteri 3:n rikkaaksipuhalluksella aluksi 1%, josta se nousi yhtäkkisesti 6%:iin. Konvertterien 1:n ja 4:n ollessa samanaikaisesti kuonapuhalluksella pitoisuus nousi vielä yli 10%, mutta palasi lopuksi vielä 6%:iin. Konvertteri 3:n kuonapuhallusten aikana SO<sub>2</sub>-pitoisuudet olivat hyvin erilaisia. Konvertteri 1:n ollessa rikkaaksipuhalluksella pitoisuus oli koko ajan 9% ja 2:n ollessa rikkaaksipuhalluksella pitoisuus oli koko ajan 1%. Konvertteri 4:n rikkaaksipuhallusta ei kunnolla voi vertailla, koska puhallukset lopetettiin klo 8:20, mutta silloin pitoisuudet vaihtelivat 6% ja 10% välillä.

Pääpiipun (140m) kaasumäärät vaihtelivat myös, mutta olivat pääosin 750 000 Nm<sup>3</sup>/h.

## 9.4 Päästökaasut

Päästöjä voi tarkastella 140m piipun ja KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuuksilla.

### 9.4.1 Konvertteri 3 kuonapuhalluksella

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 21.12.2007 klo 19:00-21:28, jonka jälkeen rikkaaksipuhallukselle, konvertteri 1 rikkaaksipuhalluksella klo 19:50 saakka. Ennen kuin konvertteri 1:n tultua valmiiksi, KLS-kaasun:n pitoisuudet olivat vaihdelleet 700 mg/m<sup>3</sup> ja 1500 mg/m<sup>3</sup> ja piipun kaasun pitoisuudet vaihtelivat 300 mg/m<sup>3</sup> ja 800 mg/m<sup>3</sup> välillä . Konvertteri 1:n panos valmistunut klo 19:50, silloin KLS-kaasun pitoisuus käynyt 4200 mg/m<sup>3</sup> ja piipun kaasun pitoisuus 2300 mg/m<sup>3</sup> . Konvertteri 3:n oltua yksin kuonapuhalluksella KLS-kaasun pitoisuus vaihdellut 100 mg/m<sup>3</sup> ja 600 mg/m<sup>3</sup> ja piipun kaasun pitoisuus 300 mg/m<sup>3</sup> ja 1200 mg/m<sup>3</sup> välillä.

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 30.11.2007 klo 21:20-1:00, konvertteri 2 rikkaaksipuhalluksella klo 23:15 saakka. KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuus vaihdellut pääosin 0 mg/m<sup>3</sup> ja 1000 mg/m<sup>3</sup> välillä, paitsi klo 23:34 oli tullut piikki, jolloin pitoisuus ollut lähes 2000 mg/m<sup>3</sup>. Piipun kaasun pitoisuus vaihdellut pääosin 200 mg/m<sup>3</sup> ja 1000 mg/m<sup>3</sup> välillä, paitsi klo 22:25 tullut piikki, jolloin pitoisuus ollut 1500 mg/m<sup>3</sup>.

Konvertteri 3 kuonapuhalluksella 5.1.2008 klo 4:47-10:33, konvertteri 4 rikkaaksipuhalluksella klo 4:5-7:15. Klo 8:20 oli prosessiteknisistä syistä konvertterien puhallukset lopetettu. Piipun ja KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuudet vaihdellut pääosin 200 mg/m<sup>3</sup> ja 1000 mg/m<sup>3</sup> välillä. Klo 8:42 tullut piikki jolloin KLS-kaasun pitoisuus käynyt 1600 mg/m<sup>3</sup>:ssa.

#### 9.4.2 Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 7.11.2007 klo 6:52-10:33 ja konvertteri 2 kuonapuhallukselle klo 7:59. KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuudet olivat pysyneet pääosin alle 500 mg/m<sup>3</sup>. Piipun pitoisuudet ovat olleet pääosin hieman korkeammat, 500 ja 1000 mg/m<sup>3</sup> välissä. Käyrien huippukohtat olivat noin 1500 mg/m<sup>3</sup>, mutta yhden kerran piipun kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuus on käynyt yli 2100 mg/m<sup>3</sup> ja KLS-kaasun pitoisuus lähes 4300 mg/m<sup>3</sup>.

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 1.11.2007 klo 19:21-23:30 ja konvertteri 4 kuonapuhallukselle klo 20.10. KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuudet ovat pysyneet pääosin alle 500 mg/m<sup>3</sup> ja piipun kaasun pitoisuudet alle 1000 mg/m<sup>3</sup>. KLS-kaasun suurin huippu oli yli 1800 mg/m<sup>3</sup> ja piipun suurin huippu vajaa 1500 mg/m<sup>3</sup>.

Konvertteri 3 rikkaaksipuhalluksella 29.11.2007 klo 1:35-4:55 ja konvertteri 1 kuonapuhallukselle klo 2:52. KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuudet olivat pääosin 500 ja 1000 mg/m<sup>3</sup> välissä. Piipun kaasun pitoisuudet olivat pääosin 1000 ja 1500 mg/m<sup>3</sup> välissä. Huippukohtat olleet olivat yli 4300 mg/m<sup>3</sup>.

### 9.4.3 Yhteenveto

Konvertterien 3:n ja 1:n puhaltaessa KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuudet olivat pääosin 1000-1500 mg/m<sup>3</sup> ja pitoisuuksien huiput olivat jopa yli 4300 mg/m<sup>3</sup>. Muiden konvertterien yhtä aikaisilla puhalluksilla SO<sub>2</sub>-pitoisuudet olivat pysyneet pääosin alle 1000 mg/m<sup>3</sup> ja huiput olivat noin 2000 mg/m<sup>3</sup> paitsi konvertteri 3:n ollessa rikkaaksi- ja 2:n kuonapuhalluksella, oli pitoisuuden huippu ollut myös kerran 4300 mg/m<sup>3</sup>.

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Nämä johtopäätökset ovat tehty näiden tarkastelumateriaalien perusteella.

Yhteisputken paineista voidaan päätellä, että yhteisputken puhaltimen kapasiteetti ei riitä tuottamaan riittävää kaasuvirtausta happotehtaalle, kun konvertteri 3 aloittaa puhallukset. Yhteisputki pysyy kumminkin imulla, kun muut konvertterit puhaltavat.

Konvertteri 3:n hatun paineet näyttävät pääsevän todella hyvälle imulle kun konvertteria puhalletaan. Hatun paineet puhallukselle lähettäessä lähes -2,0 mbar, kun taas yhteisputken paineet samanaikaisesti 0,3 mbar. Hattu ja yhteisputki ovat saman puhaltimen takana, joten niissä pitäisi paineet olla samantasoiset. Tästä voi päätellä, että ainakin toinen mittareista ei näytä todellista lukemaa.

Konvertteri 3:n aloittaessa puhallus yhteisputken puhaltimeen pitäisi laittaa enemmän kierroksia tai asentaa tehokkaampi puhallin, jotta saavutettaisiin riittävä kaasuvirtaus happotehtaalle päin. Tietysti pitää tarkistaa myös, että riittääkö happotehtaan kapasiteetti suuremman kaasumäärän käsittelyyn. Näillä materiaaleilla ei käy ilmi kumpi on syynä ettei yhteisputkea saada imulle konvertteri 3:n puhaltaessa.

Konvertteri 3:n vinoventtiilijä oli ajettu erilaisesti, riippuen mikä toinen konvertteri oli samaan aikaan puhalluksella. Vinoventtiilien ajotapa saattaa olla myös operaattorista riippuva.

Kuonapuhalluksella 3:n vinoventtiili oli aukaistu puhallukselle lähdeettäessä 75-85%, silloin olivat hatun imut olleet -2,0mbar luokkaa, joten venttiiliä suljettu 65-70%:iin, jolloin hatun imut olivat -1,5 mbar. Eteen käännettynä vinoventtiili oli auki 15-22%, silloin hattu oli yleensä hiukan ylipaineella.

Rikkaaksipuhalluksella konvertteri 3:n vinoventtiili oli sen yksin puhaltaessa aukaistu 100%, hatun imut oli silloin noin -1,5 mbar. Eteen käännettynä venttiili oli auki 20-30% ja hattu oli yleensä hiukan ylipaineella.

Konvertterien yhtäaikaisilla puhalluksilla oli 3:n vinoventtiili auki 75-85% ja muiden konvertterien venttiilit 90-100%. Yhtäaikaisten puhallusten aikana oli 3:n hatun imut pienemmät kuin sen yksin puhaltaessa.

Konvertteri 3:n vinoventtiiliä voisi tulevaisuudessa kuonapuhalluksella avata heti vain 65-70% puhallukselle lähdeettäessä. Rikkaaksipuhalluksella venttiili on hyvä avata 100% auki puhallukselle lähdeettäessä.

Konvertterien yhtäaikaisilla puhalluksilla on konvertteri 3:n vinoventtiili avattava 75-85% ja muiden konvertterien venttiilit 90-100%. Konvertteri 3:n ollessa muita konverttereja suurempi, se tuottaa niin paljon enemmän kaasuja, että jos sen vinoventtiili on yhtäaikaisilla puhalluksilla täysin auki, ei muiden konvertterien kaasut ehkä enää mahdu yhteisputkeen. Silloin kaasut ajautuvat huuven kautta piippuun aiheuttaen päästöjä.

Kaasumäärät 7. happotehtaalle olivat konvertteri 3:n rikkaaksipuhalluksella noin 130 000 Nm<sup>3</sup>/h puhallettaessa ja 60 000 Nm<sup>3</sup>/h kun ei puhallettu. Kuonapuhalluksella kaasumäärät olivat 110 000 Nm<sup>3</sup>/h ja 40 000 Nm<sup>3</sup>/h. Tarkempia analyyseja varten pitäisi asentaa konvertterikohtaiset kaasumäärämittarit. Sitten voisi vertailla millaisia kaasumääriä mikäkin konvertteri todellisuudessa tuottaa, nyt ei voitu käsitellä kuin kokonais kaasumäärää.

Yhteisputken SO<sub>2</sub>-mittarin toimintakunto pitäisi tarkistaa. Kuvaajien perusteella mittarin antama lukema ei vaihdu ennen kuin edelliseen arvoon on tullut tarpeeksi suuri ero, jolloin mittarin antama lukema nousee tai laskee jyrkästi.

Konvertterien 3:n ja 1:n samanaikaisilla puhalluksilla olivat päästökaasujen SO<sub>2</sub>-pitoisuudet selvästi korkeampia kuin muiden konvertterien kohdalla. Pitoisuuksien suurimmat huippuarvot olivat monasti seurausta siitä kun konvertteri 3 oli puhalluksella ja toisen konvertterin vinoventtiilin asentoa oli muutettu. Myös konvertteri 3:n vinoventtiilin asennon muuttamista seurasi pieniä piikkejä pitoisuuksissa. Oli myös piikkejä, joille ei löytynyt selitystä.

Jotta päästökaasujen alkuperän saisi varmuudella selville pitäisi konvertterikohtaiset analysaattorit olla toimintakunnossa, sekä kunkin konvertterin huuvaputkeen asentaa kaasumäärä- ja SO<sub>2</sub>-pitoisuusmittarit. Tällöin voitaisiin selvittää mikä konvertteri aiheuttaa eniten päästökaasuja ja tarkemmin tarkastella miten vinoventtiilien eri ajotavat vaikuttaisivat päästöihin. Tätä kautta saataisiin selville myös huuvaventtiilien paras mahdollinen ajotapa.

## 11 LIITELUETTELO

Liite 1: 7.11.2007 3. rikkaaksi-, 2 kuonapuhalluksella

- (1/9) Konvertterien tilatiedot
- (2/9) Konvertterien asennot
- (3/9) Konvertterien hattujen paineet
- (4/9) Yhteisputken paine
- (5/9) Vinenttiilien asennot
- (6/9) Kaasumäärät happotehtaille
- (7/9) 140m Piipun kaasumäärä
- (8/9) Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus
- (9/9) 140m piipun ja KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuudet

Liite 2: 1.11.2007 3. rikkaaksi-, 4 kuonapuhalluksella

- (1/9) Konvertterien tilatiedot
- (2/9) Konvertterien asennot
- (3/9) Konvertterien hattujen paineet
- (4/9) Yhteisputken paine
- (5/9) Vinenttiilien asennot
- (6/9) Kaasumäärät happotehtaille
- (7/9) 140m Piipun kaasumäärä
- (8/9) Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus
- (9/9) 140m piipun ja KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuudet

Liite 3: 29.11.2007 3. rikkaaksi-, 1 kuonapuhalluksella

- (1/9) Konvertterien tilatiedot
- (2/9) Konvertterien asennot
- (3/9) Konvertterien hattujen paineet
- (4/9) Yhteisputken paine
- (5/9) Vinenttiilien asennot
- (6/9) Kaasumäärät happotehtaille
- (7/9) 140m Piipun kaasumäärä
- (8/9) Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus
- (9/9) 140m piipun ja KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuudet

Liite 4: 21.12.2007 3. kuona-, 1 rikkaaksipuhalluksella

- (1/9) Konvertterien tilatiedot
- (2/9) Konvertterien asennot
- (3/9) Konvertterien hattujen paineet
- (4/9) Yhteisputken paine
- (5/9) Vioventtiilien asennot
- (6/9) Kaasumäärät happotehtaille
- (7/9) 140m Piipun kaasumäärä
- (8/9) Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus
- (9/9) 140m piipun ja KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuudet

Liite 5: 30.11.2007 3. kuona-, 2 rikkaaksipuhalluksella

- (1/9) Konvertterien tilatiedot
- (2/9) Konvertterien asennot
- (3/9) Konvertterien hattujen paineet
- (4/9) Yhteisputken paine
- (5/9) Vioventtiilien asennot
- (6/9) Kaasumäärät happotehtaille
- (7/9) 140m Piipun kaasumäärä
- (8/9) Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus
- (9/9) 140m piipun ja KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuudet

Liite 6: 5.1.2008 3. kuona-, 4 rikkaaksipuhalluksella

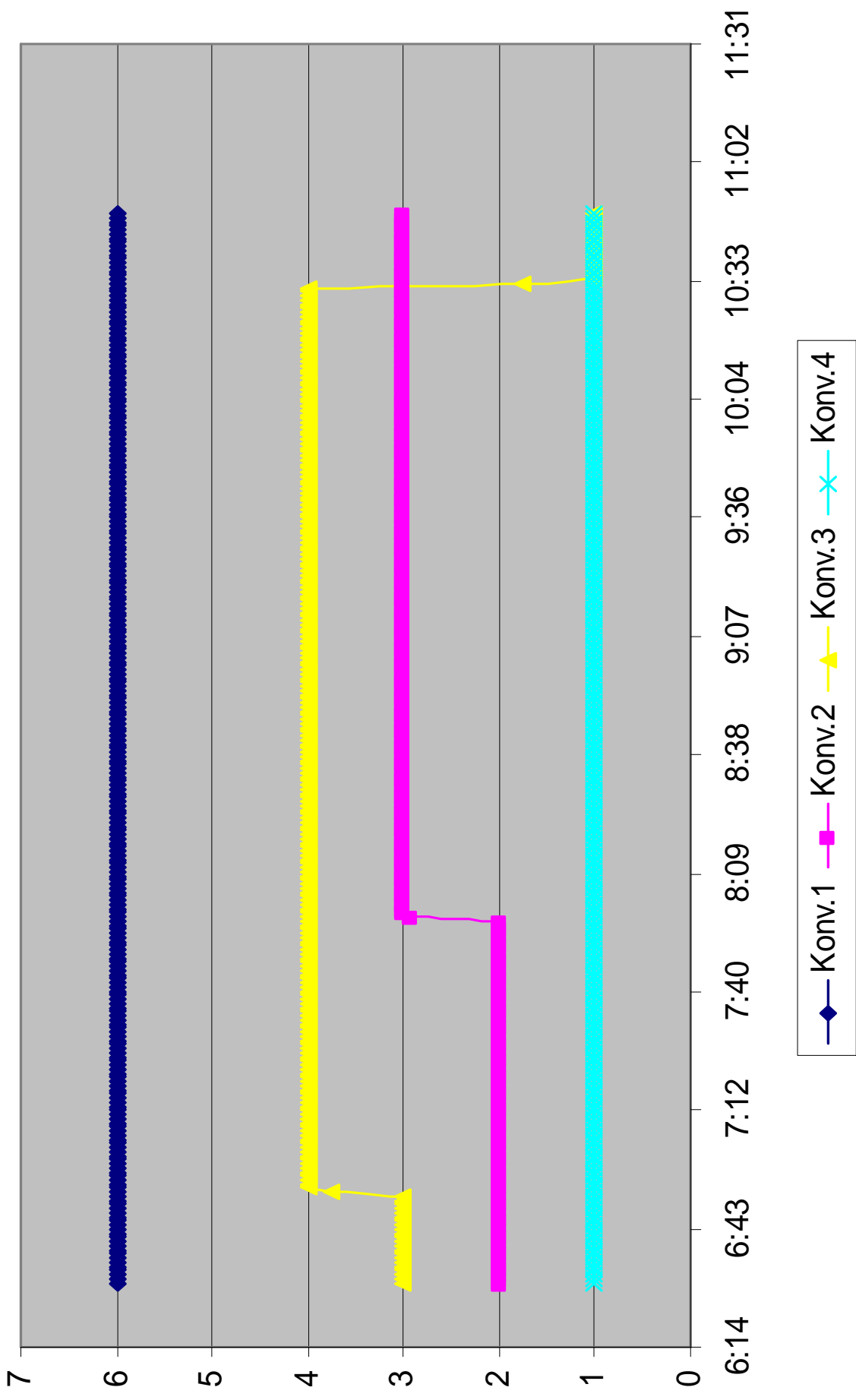
- (1/9) Konvertterien tilatiedot
- (2/9) Konvertterien asennot
- (3/9) Konvertterien hattujen paineet
- (4/9) Yhteisputken paine
- (5/9) Vioventtiilien asennot
- (6/9) Kaasumäärät happotehtaille
- (7/9) 140m Piipun kaasumäärä
- (8/9) Yhteisputken SO<sub>2</sub>-pitoisuus
- (9/9) 140m piipun ja KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pitoisuudet

## 12 LÄHTEET

1. <http://www.boliden.fi/>
2. [http://www.boliden.com/www/BolidenSE.nsf/\(LookupWebAttachment\)/Faktablad/\\$file/F\\_Harjavalta\\_07\\_fi.pdf](http://www.boliden.com/www/BolidenSE.nsf/(LookupWebAttachment)/Faktablad/$file/F_Harjavalta_07_fi.pdf)
3. Palmu, Markku 2001. Tutkimus konvertterikaasun vesijähdytyksen vaikutuksesta pölyn ominaisuuksiin. Insinöörityö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.
4. Boliden Harjavalta Oy:n tuotantoprosessit, teoria osa 2 koulutusmoniste, 2006, Outokumpu Technology Research Center
5. Soveltavan kemian koulutusmoniste, Outokumpu Harjavalta Metals:n oppisopimuskoulutukseen.03001 – OKHA – j
6. Boliden Harjavalta Oy:n tuotantoprosessit, teoria osa 1 koulutusmoniste, 2006, Outokumpu Technology Research Center
7. Harju, Martti, Outokumpu Technology, Boliden Copper 470-Study

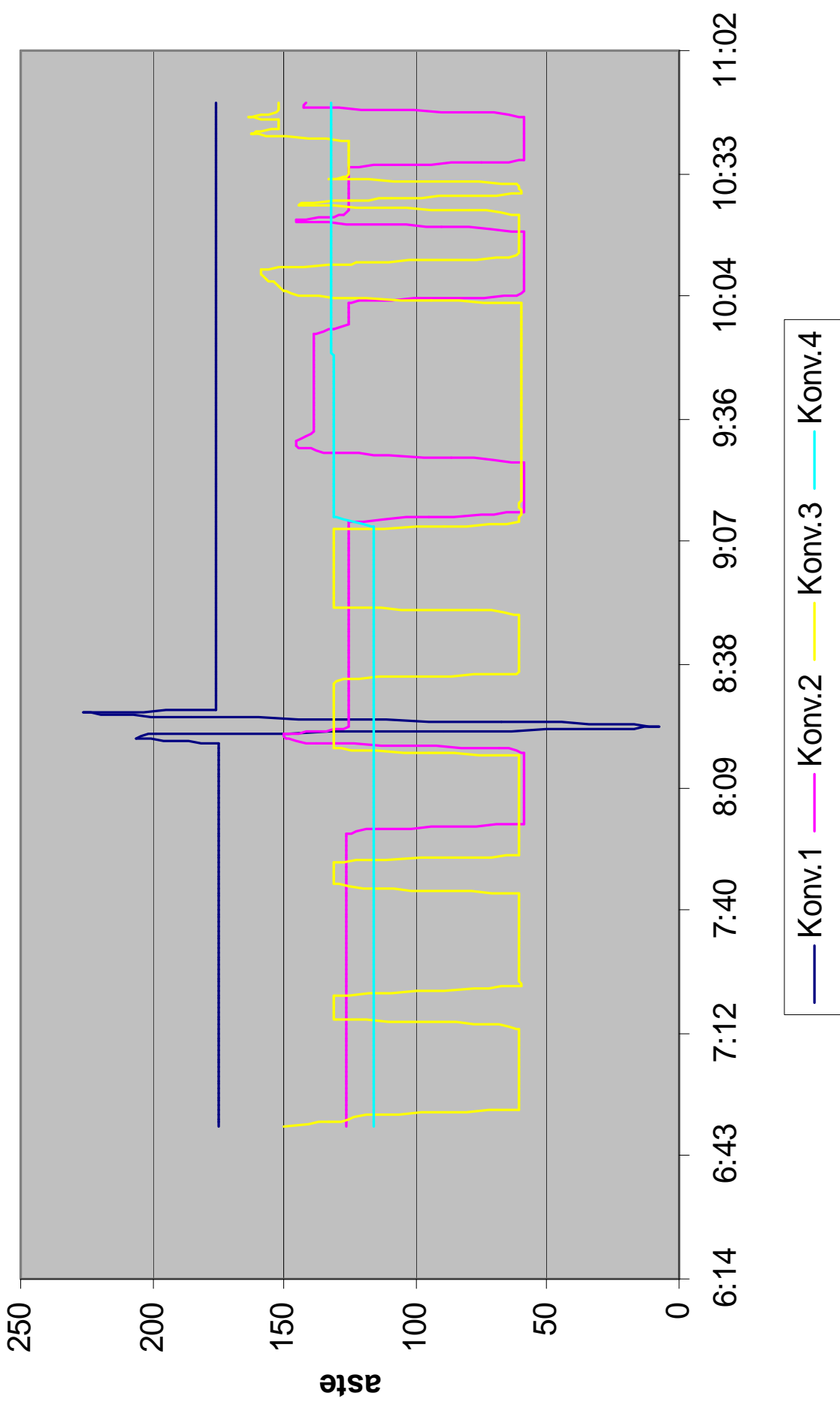
# Läite 1 (1/9): Konvertterien tilatiedot

## 7.11.07 3 rikkaaksi-, 2 kuonapuhalluksella

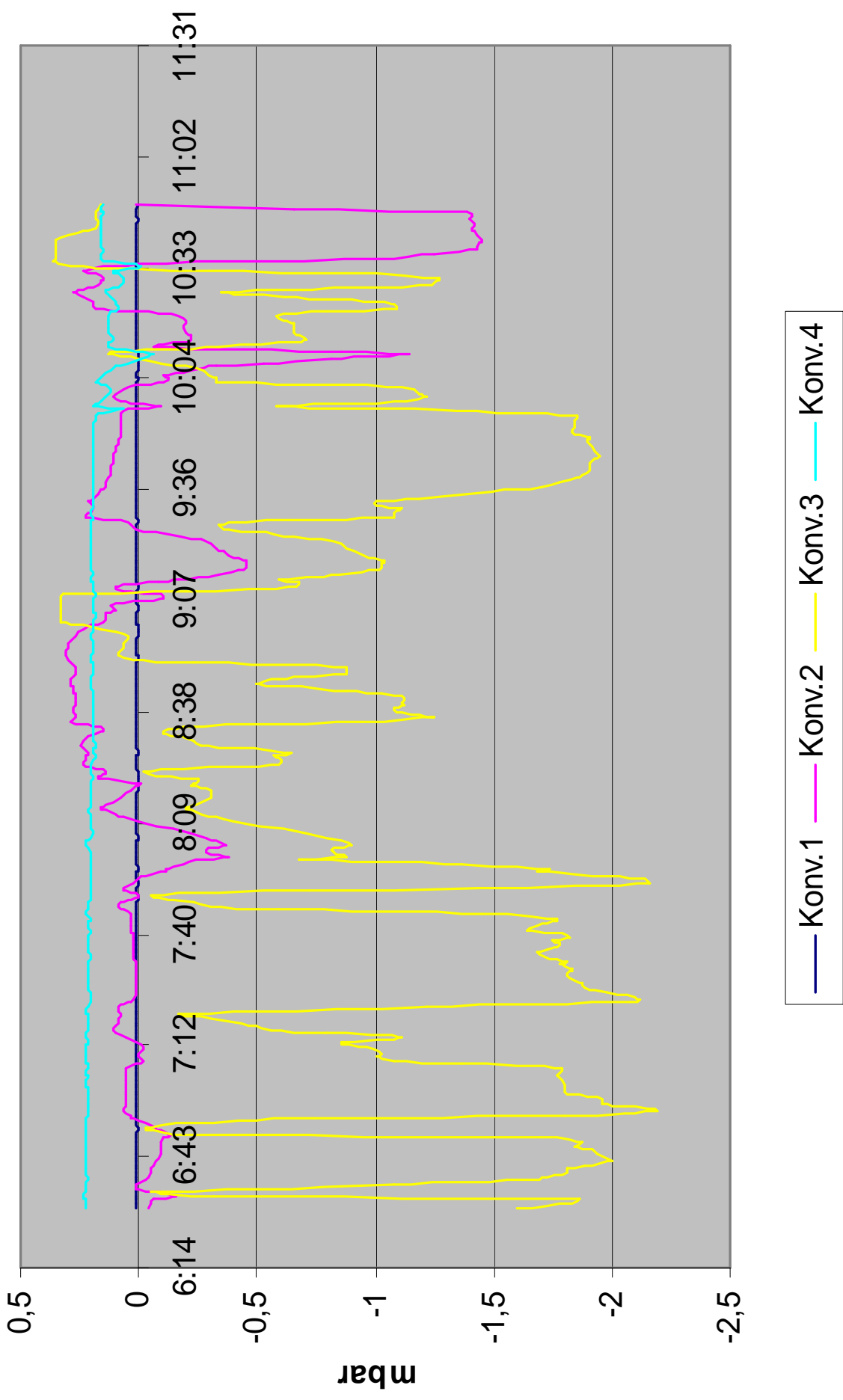


# Liite 1 (2/9): Konvertterien asennot

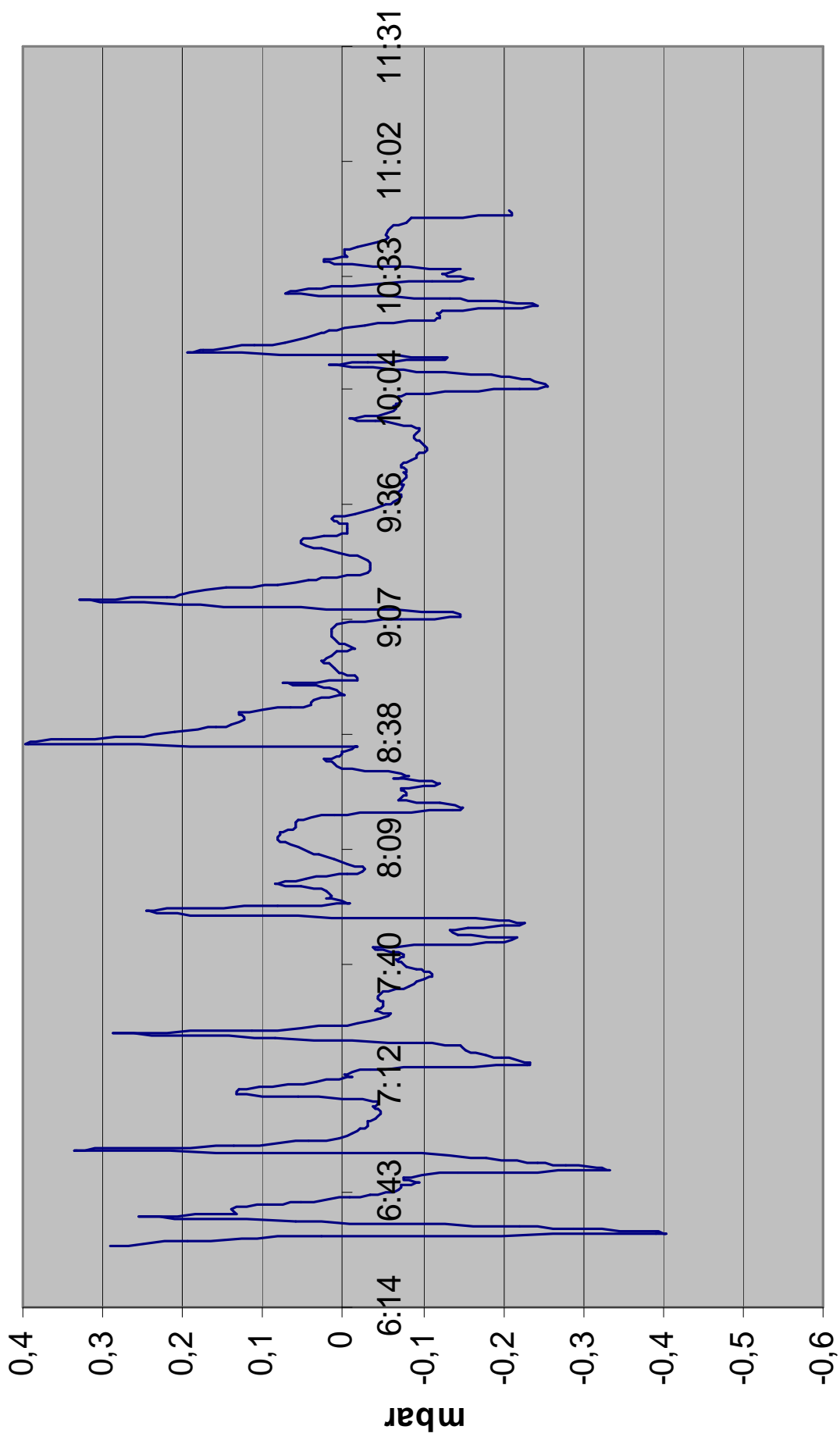
## 7.11.07 3 rikkaaksi-, 2 kuonapuhalluksella



# Liite 1 (3/9): Konvertterien hattujen paineet 7.11.07 3 rikkaaksi-, 2 kuonapuhalluksella



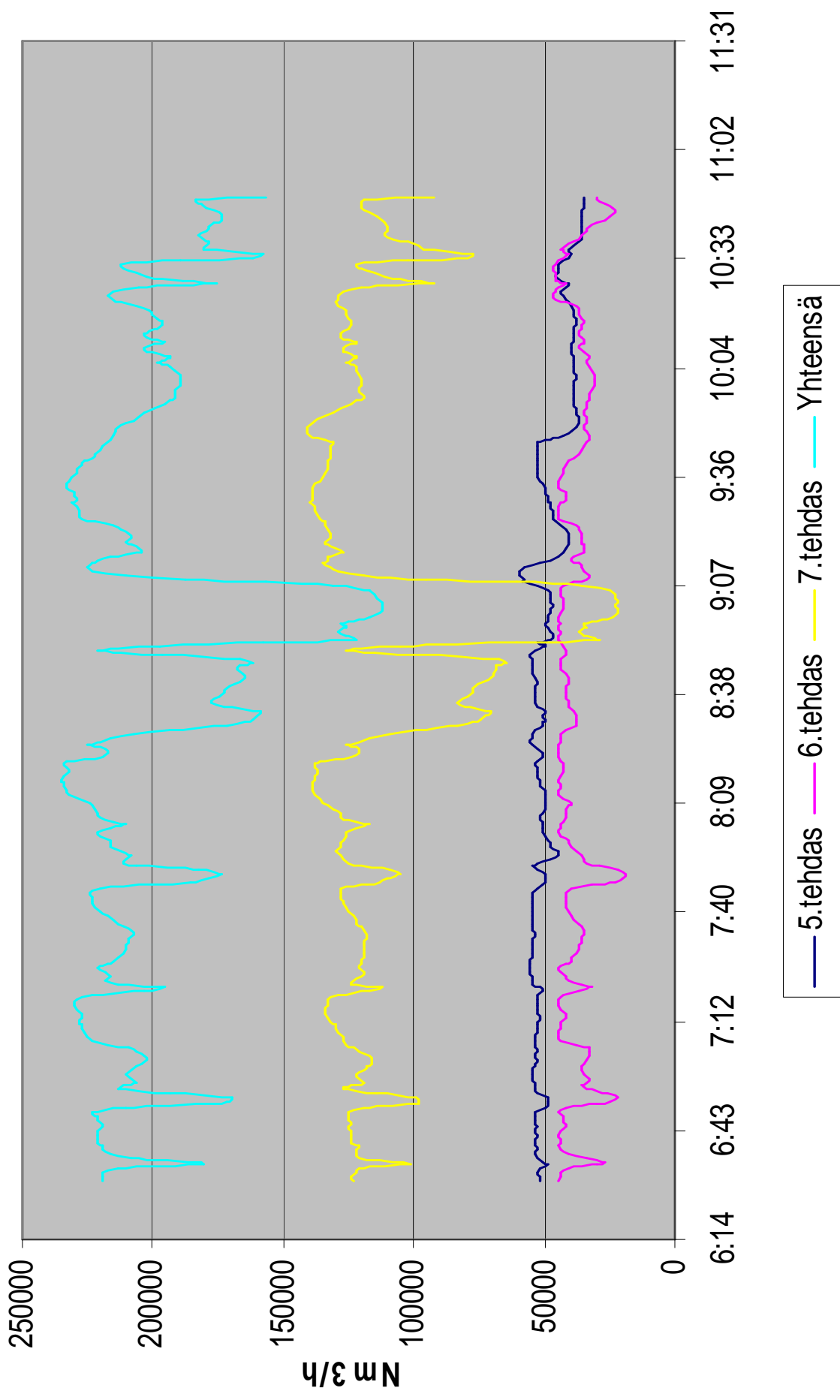
**Liite 1 (4/9): Yhteisputken paine  
7.11.07 3 rikkaaksi-, 2 kuonapuhalluksella**



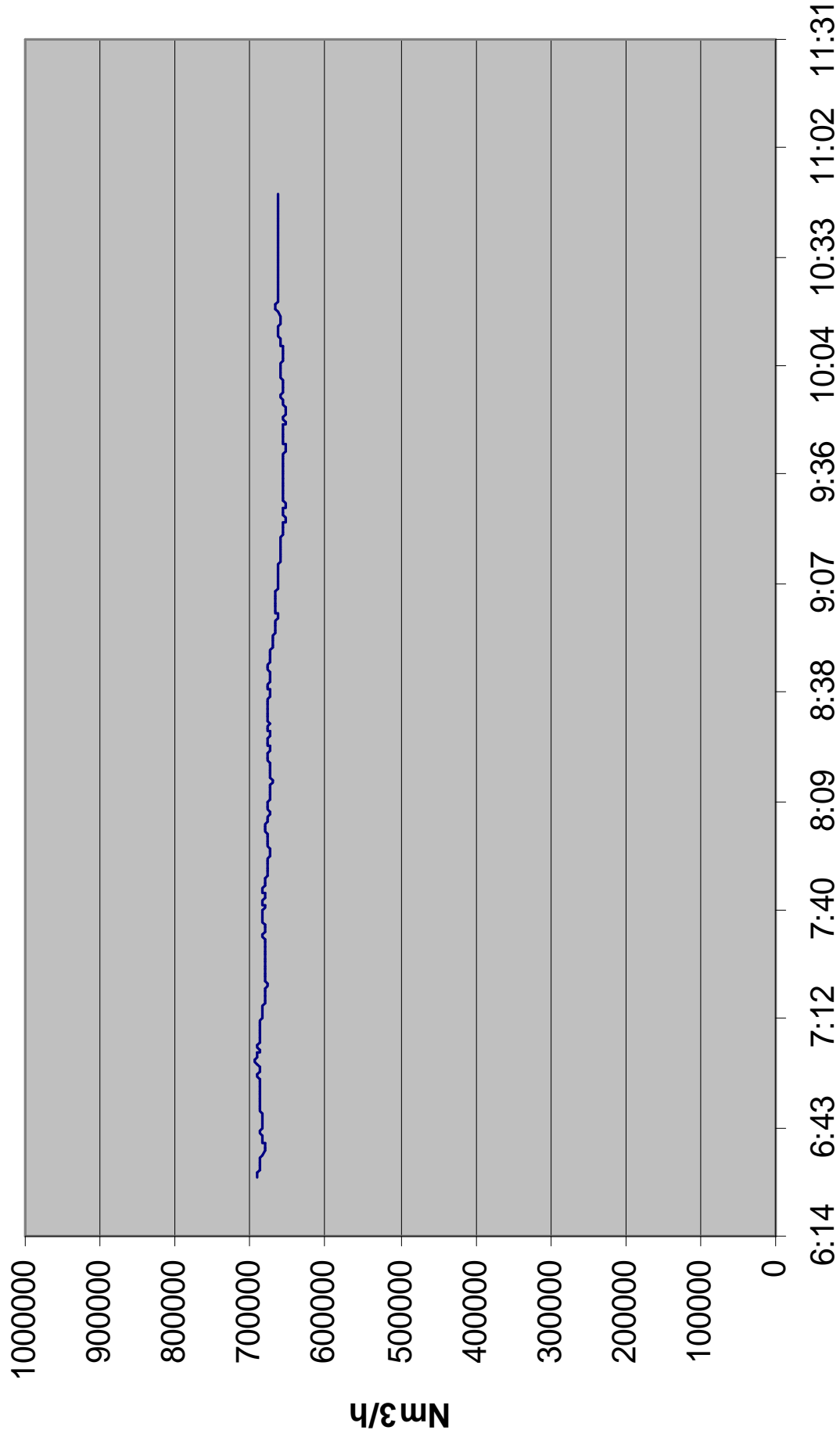
**Liite 1 (5/9): Vinoventtiilien asennot**  
**7.11.07 3 rikkaaksi-, 2 kuonapuhalluksella**



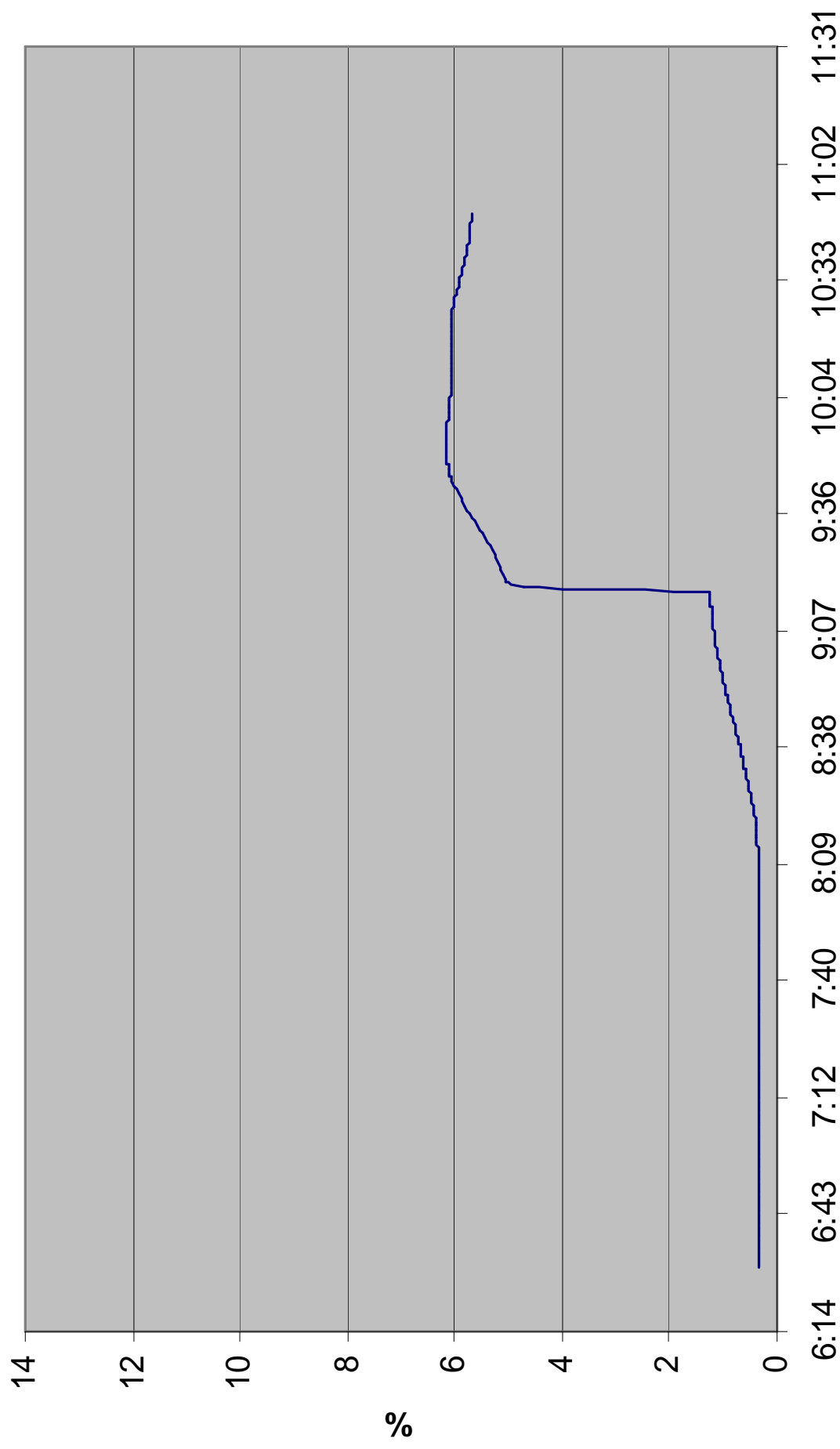
**Liite 1 (6/9): Kaaasumäärät happotehtaille  
7.11.07 3 rikkaaksi-, 2 kuonapuhalluksella**



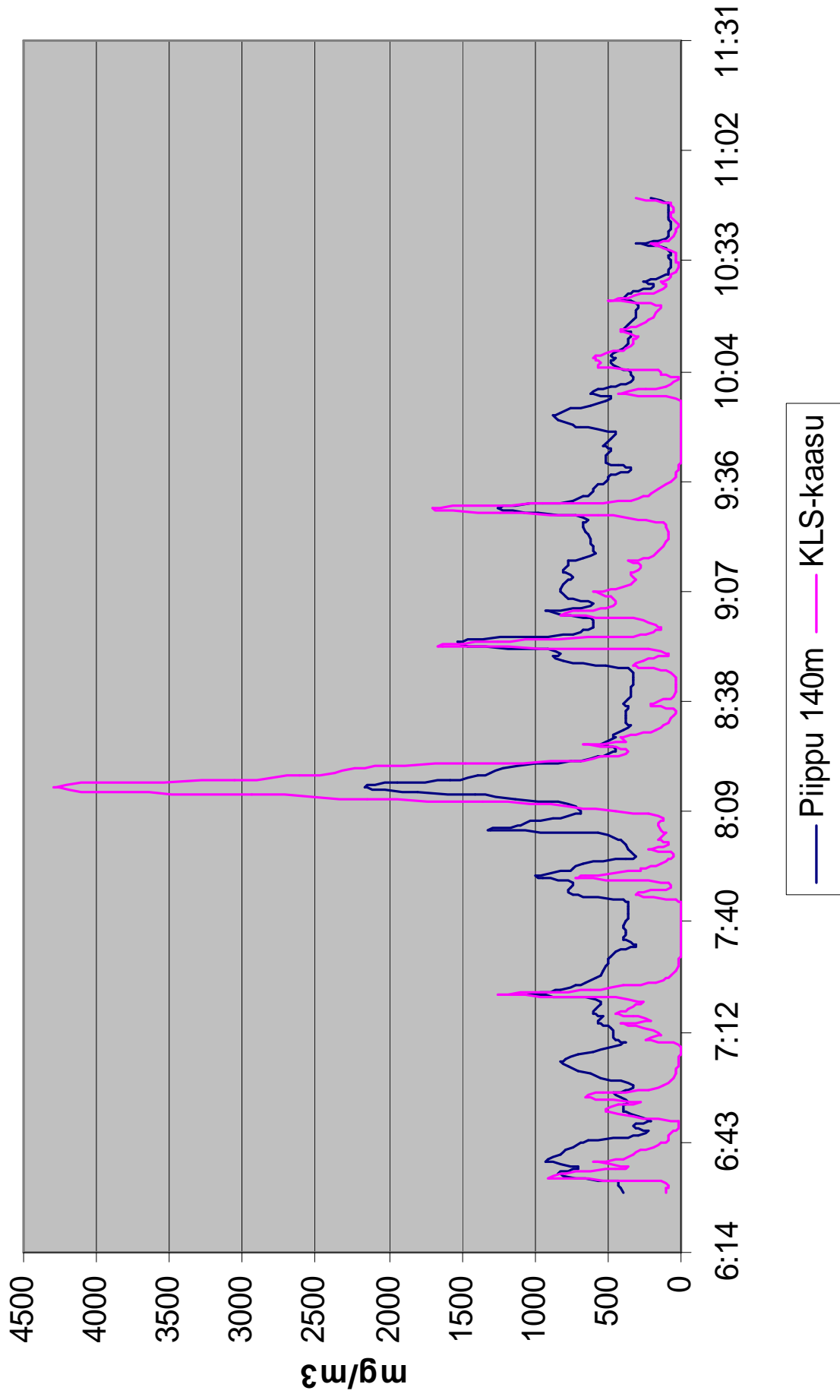
**Liite 1 (7/9): Piippu 140m kaasumäärä**  
**7.11.07 3 rikkaaksi-, 2 kuonapuhalluksella**



**Liite 1 (8/9): Yhteisputken SO2-pit**  
**7.11.07 3 rikkaaksi-, 2 kuonapuhalluksella**

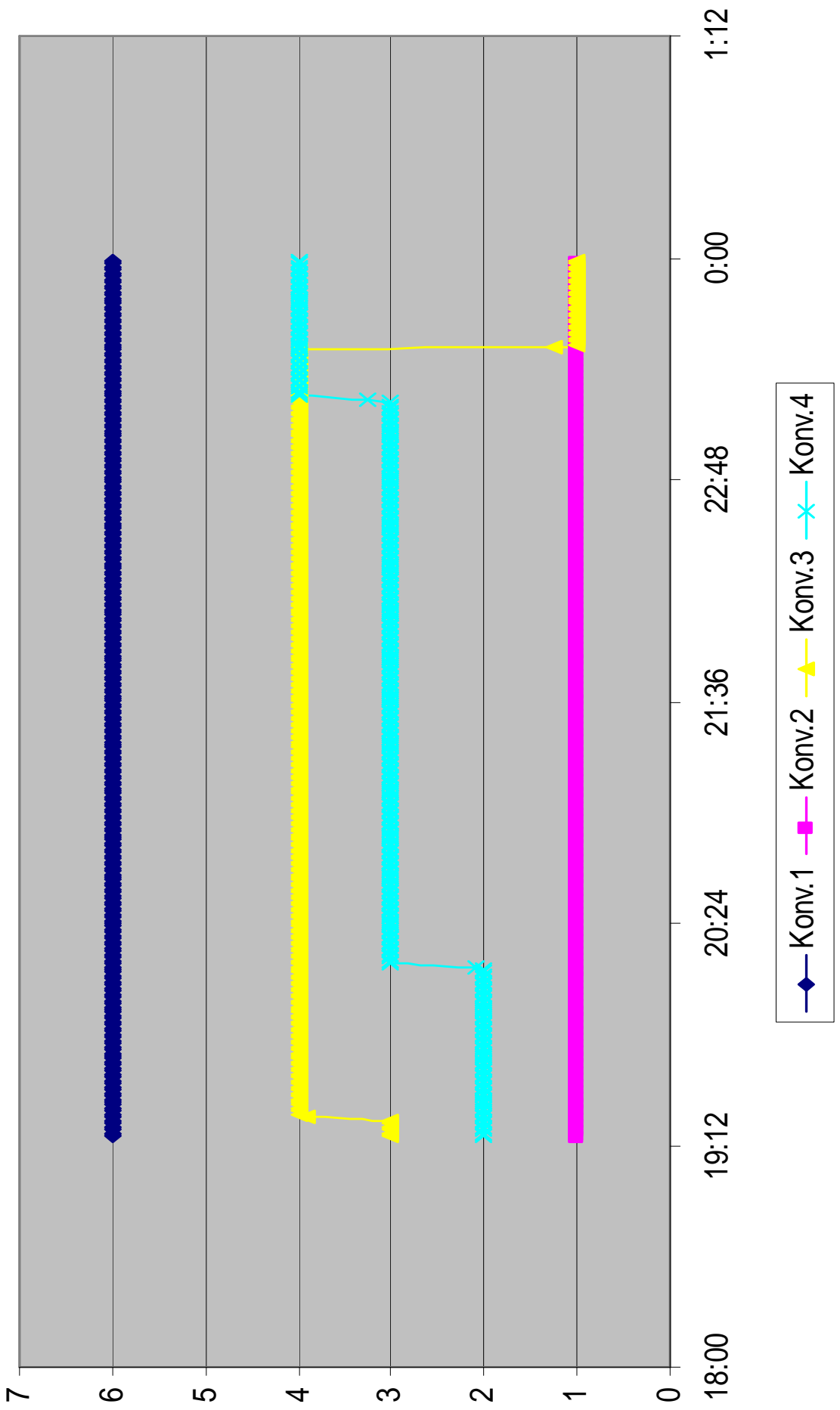


**Liite 1 (9/9): 140m piipun & KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pit.  
7.11.07 3 rikkaaksi-, 2 kuonapuhalluksella**

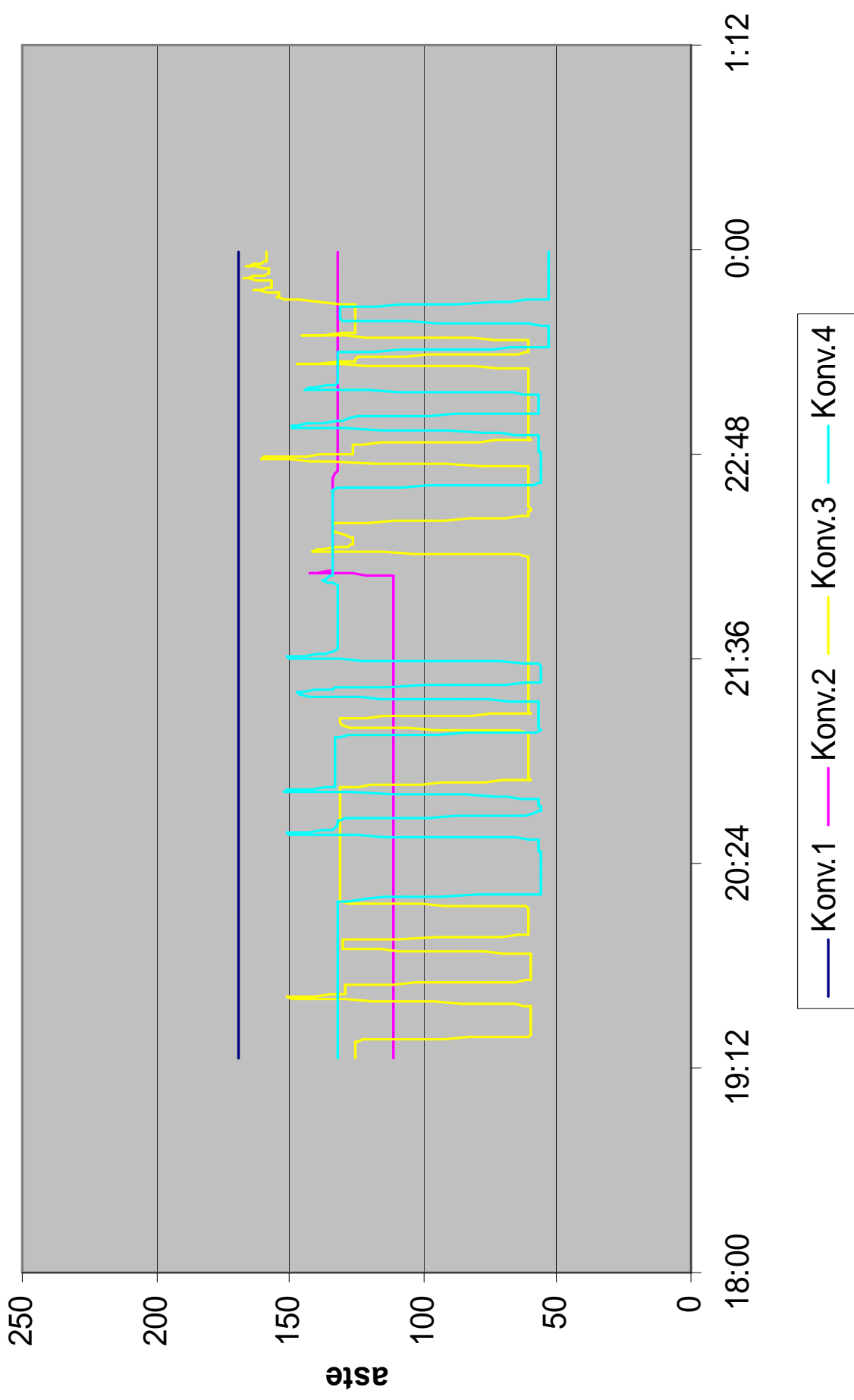


# Liite 2 (1/9): Konvertterien tilatiedot

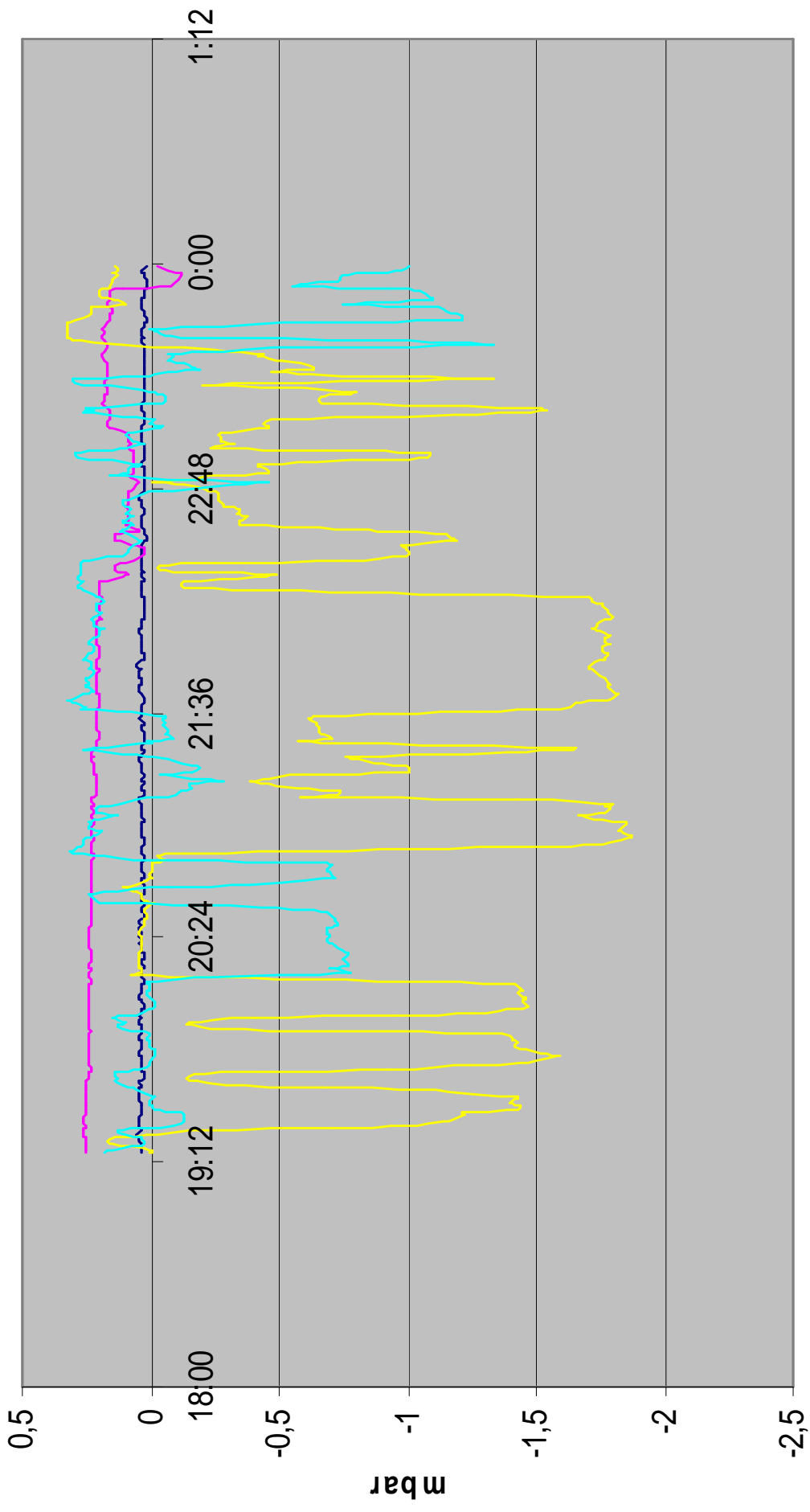
## 1.11.07 3.rikkaaksi-, 4 kuonapuhalluksella



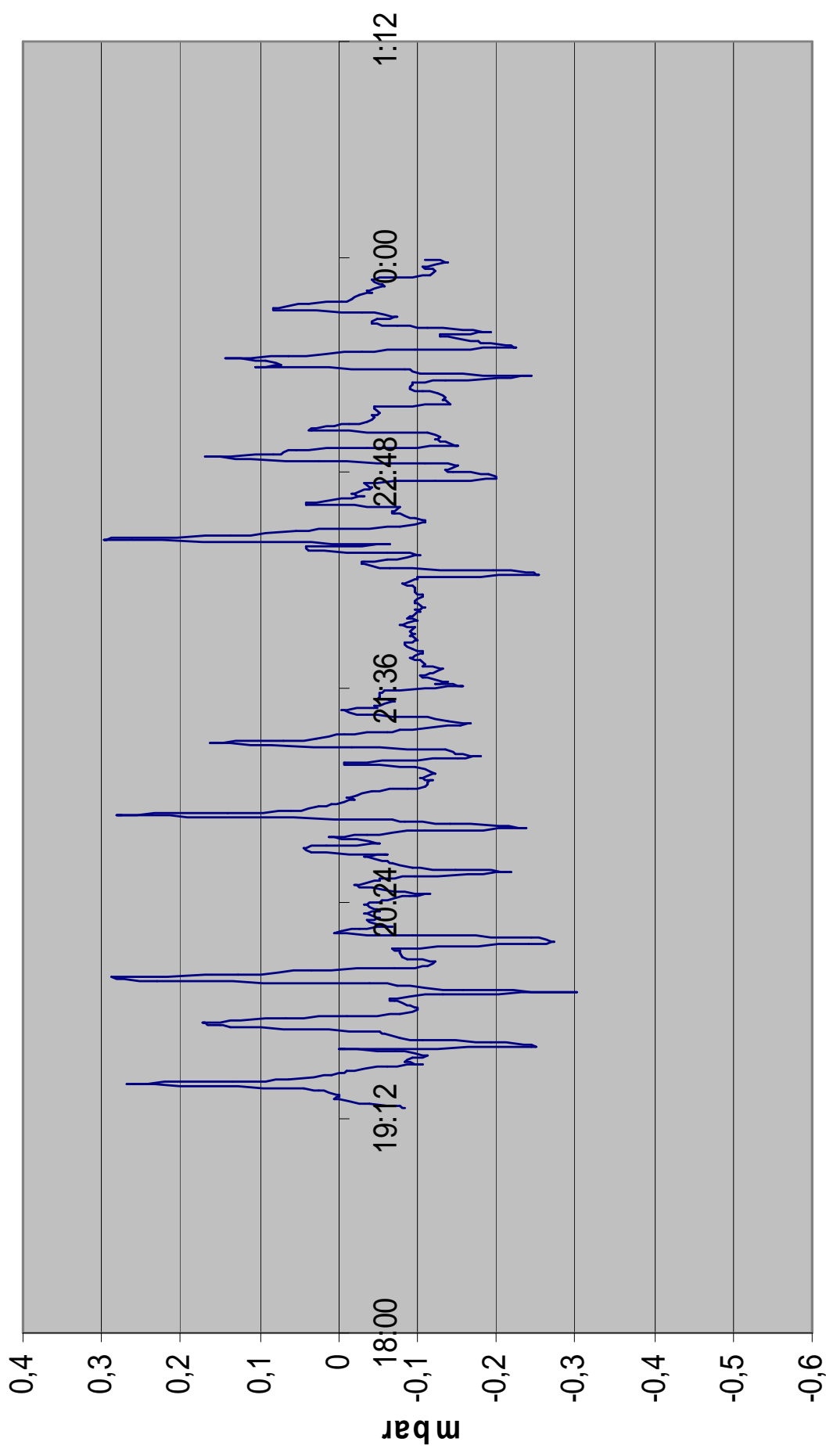
## Liite 2 (2/9): Konvertterien asennot 1.11.07 3 rikkaaksi, 4 kuonapuhalluksella



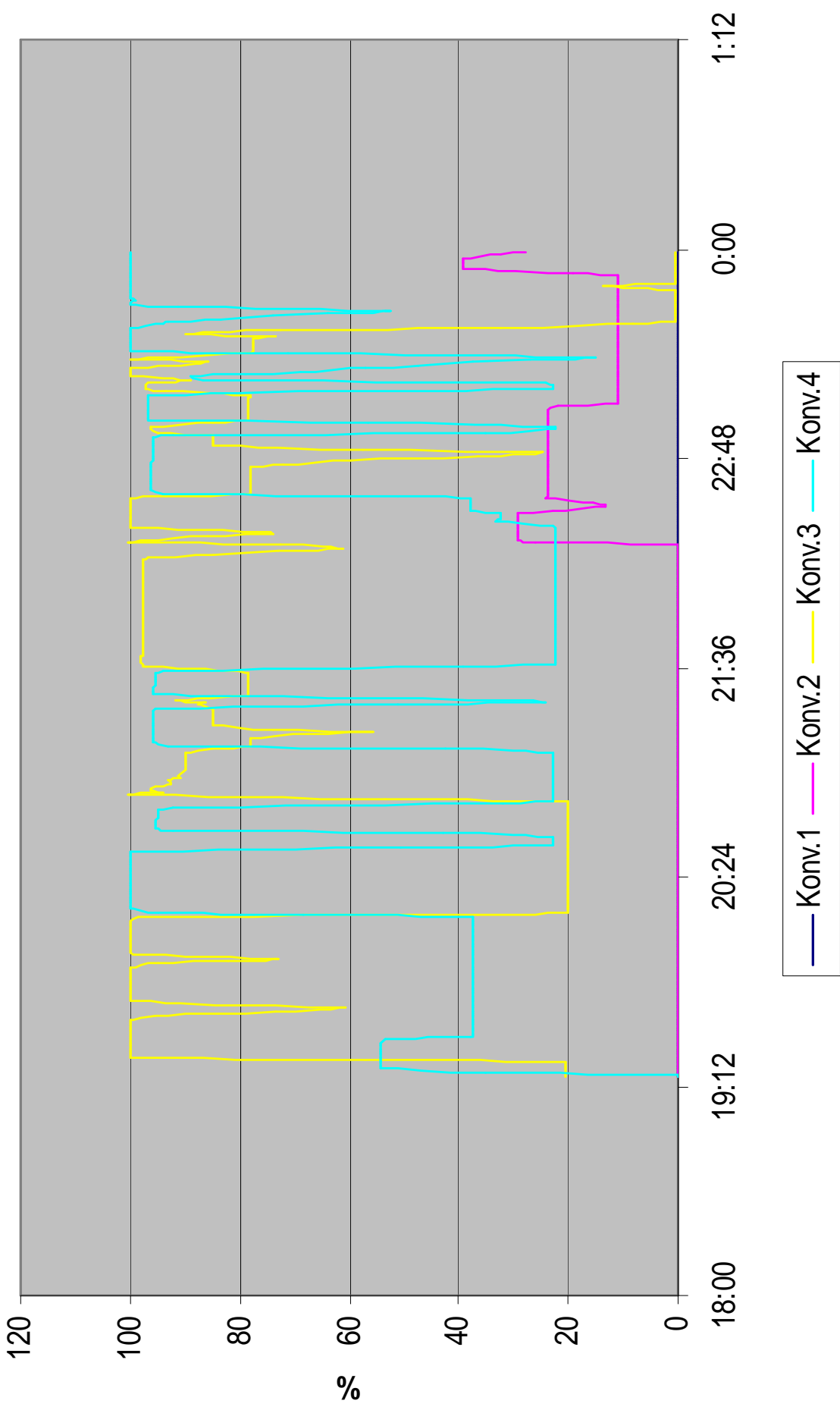
**Liite 2 (3/9): Konvertterien hattujen paineet  
1.11.-07 3 rikkaaksi-, 4 kuonapuhalluksella**



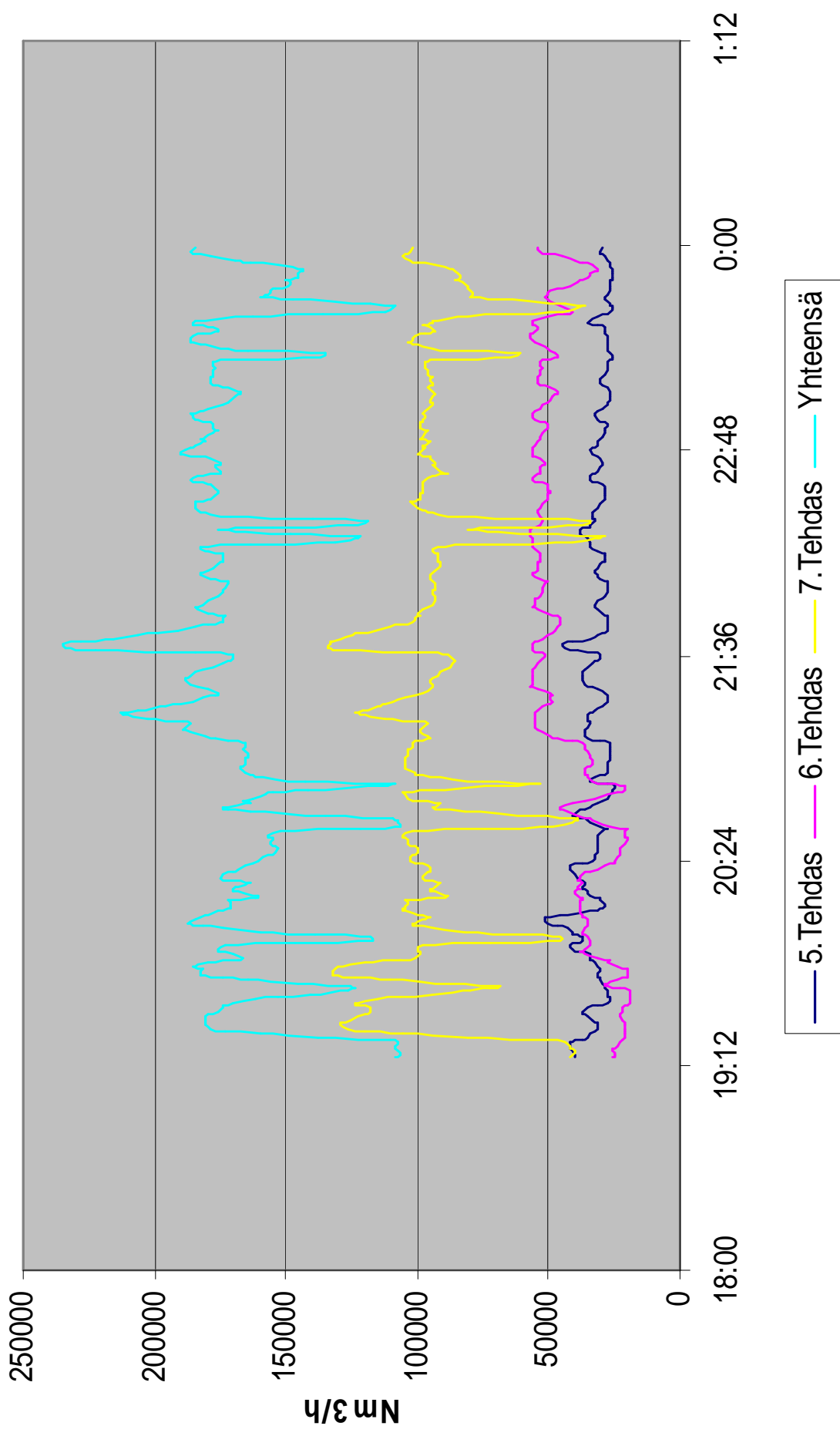
**Liite 2 (4/9): Yhteisputken paine  
1.11.07 3 rikkaaksi, 4 kuonapuhalluksella**



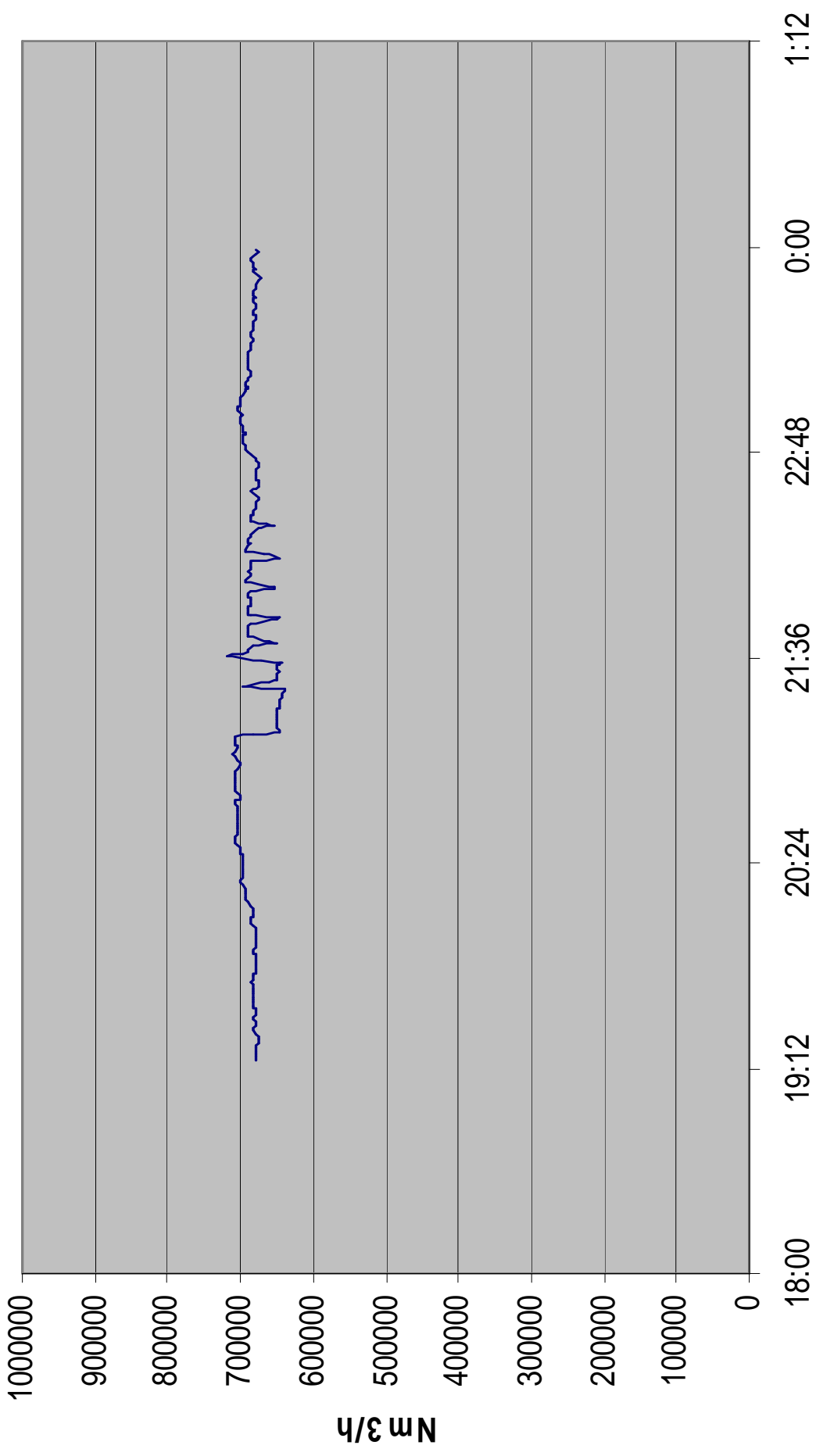
**Liite 2 (5/9): Vinenttiilien asennot  
1.11.07 3 rikkaaksi-, 4 kuonapuhalluksella**



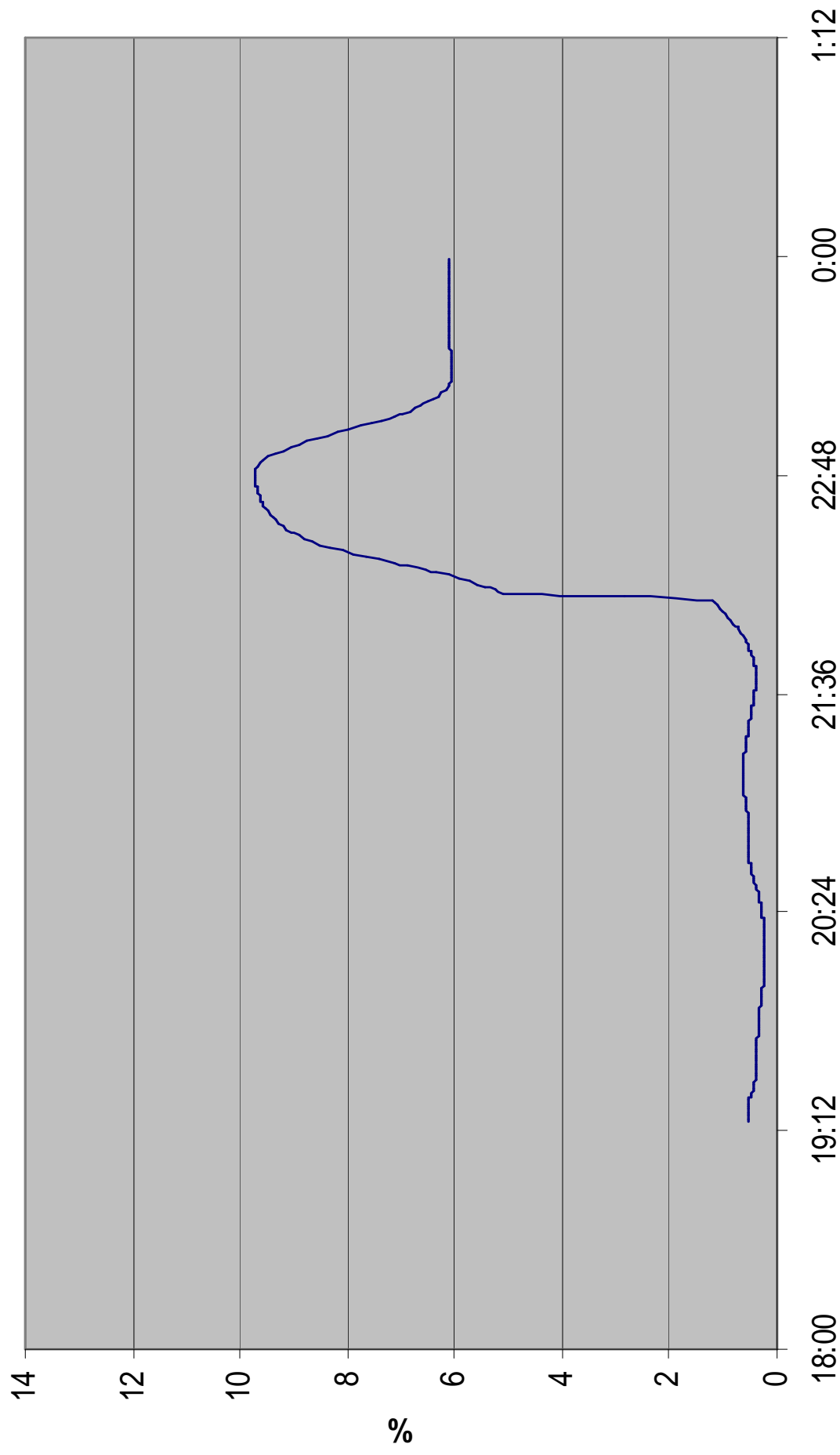
**Liite 2 (6/9): Kaasumäärä happotehtaille  
1.11.07 3 rikkaaksi-, 4 kuonapuhalluksella**



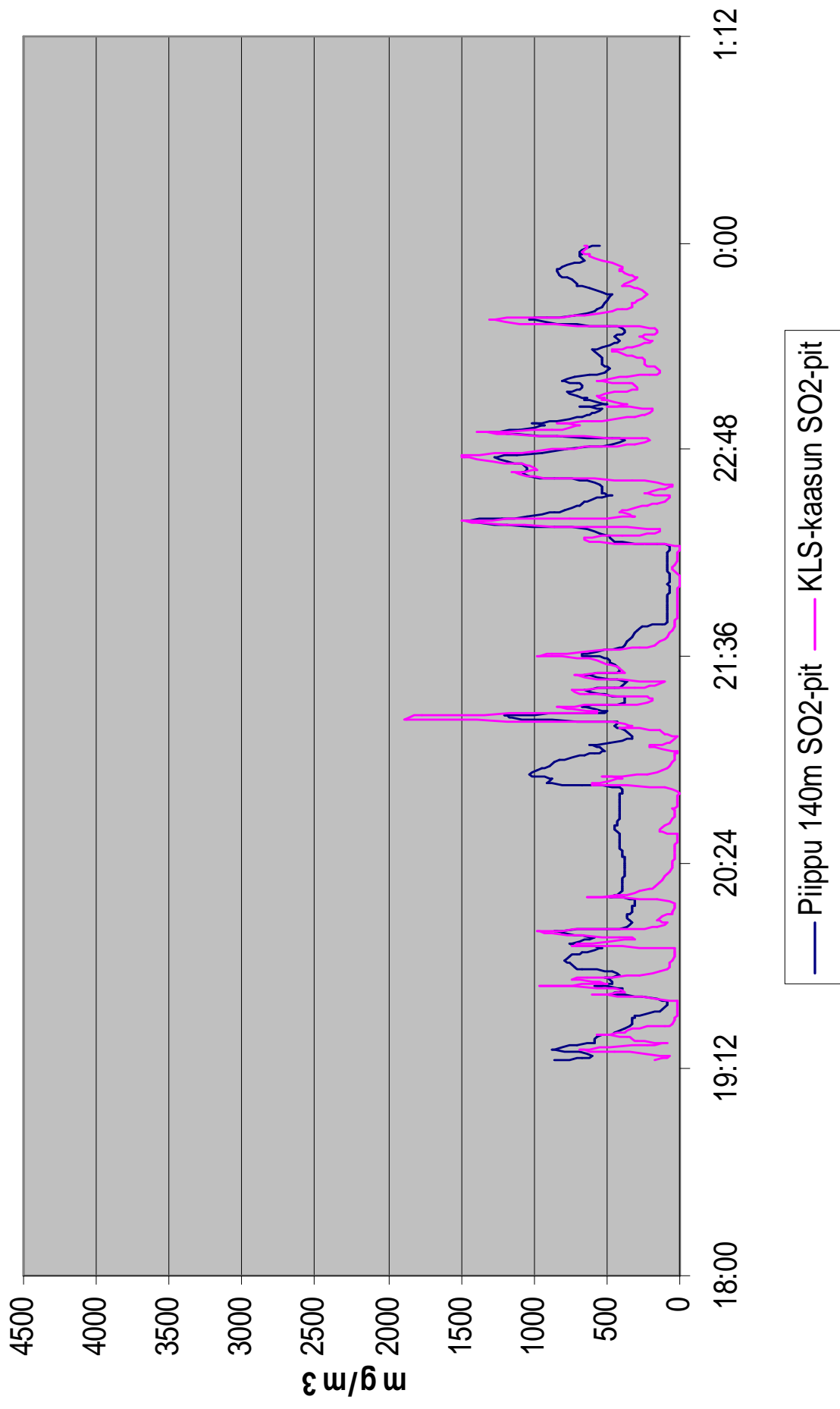
**Liite 2 (7/9): Piippu 140m Kaasumäärä**  
**1.11.07 3 rikkaaksi-, 4 kuonapuhalluksella**



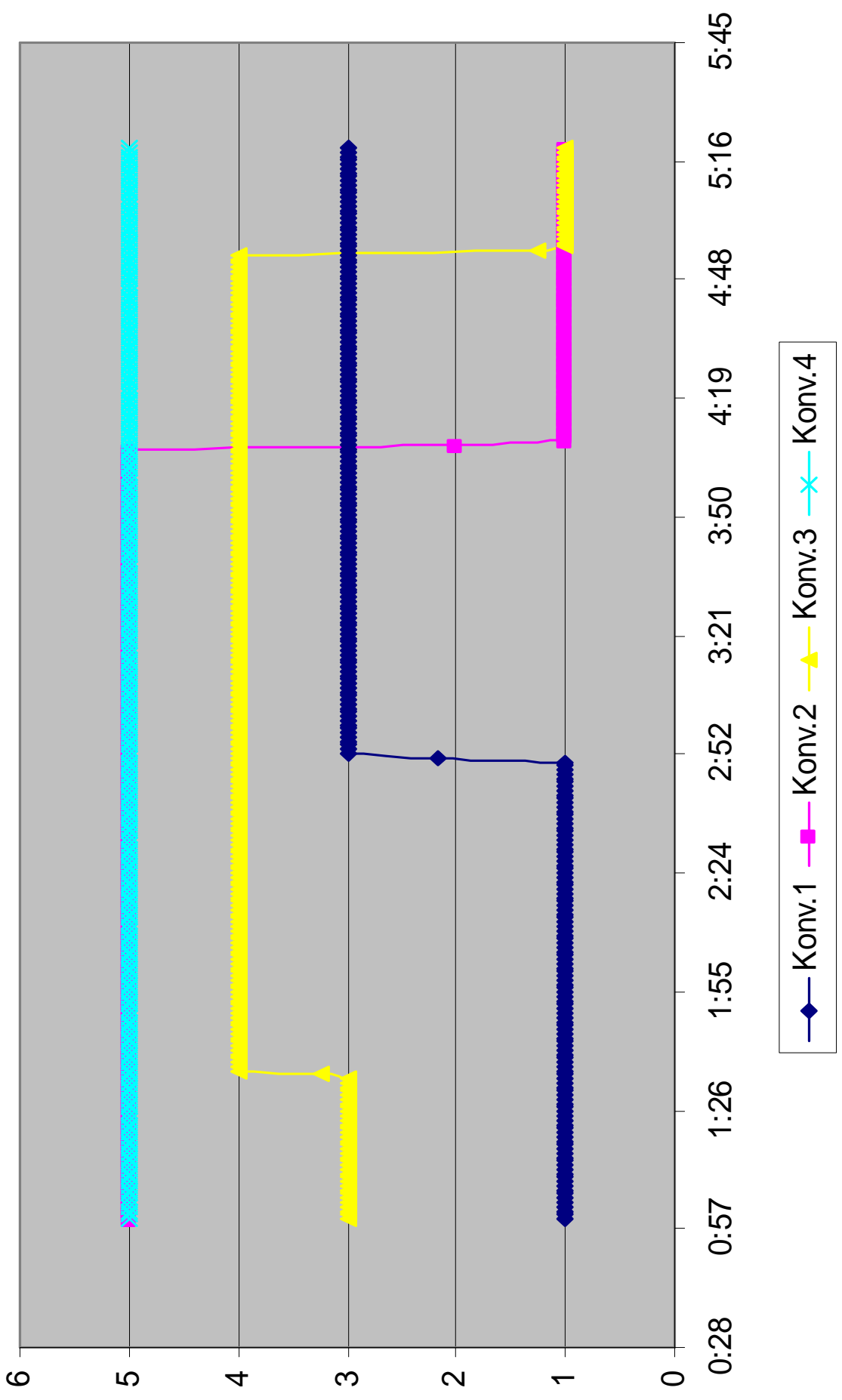
**Liite 2 (8/9): Yhteisputken SO2-pit**  
**1.11.07 3 rikkaaksi-, 4 kuonapuhalluksella**



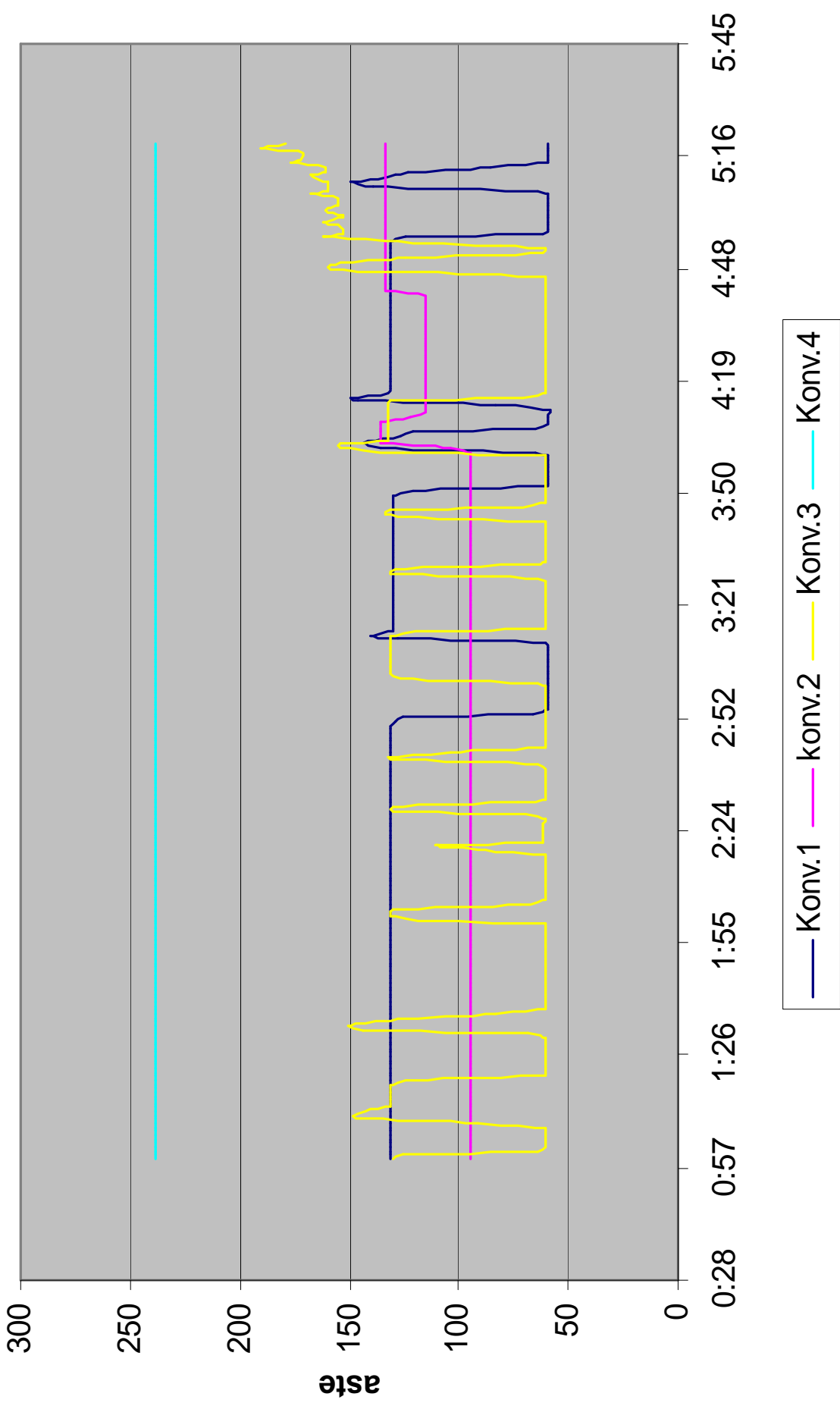
**Liite 2 (9/9): SO<sub>2</sub>-pitoisuudet piippu140 & KLS-kaasu  
1.11.07 3 rikkaaksi-, 4 kuonapuhalluksella**



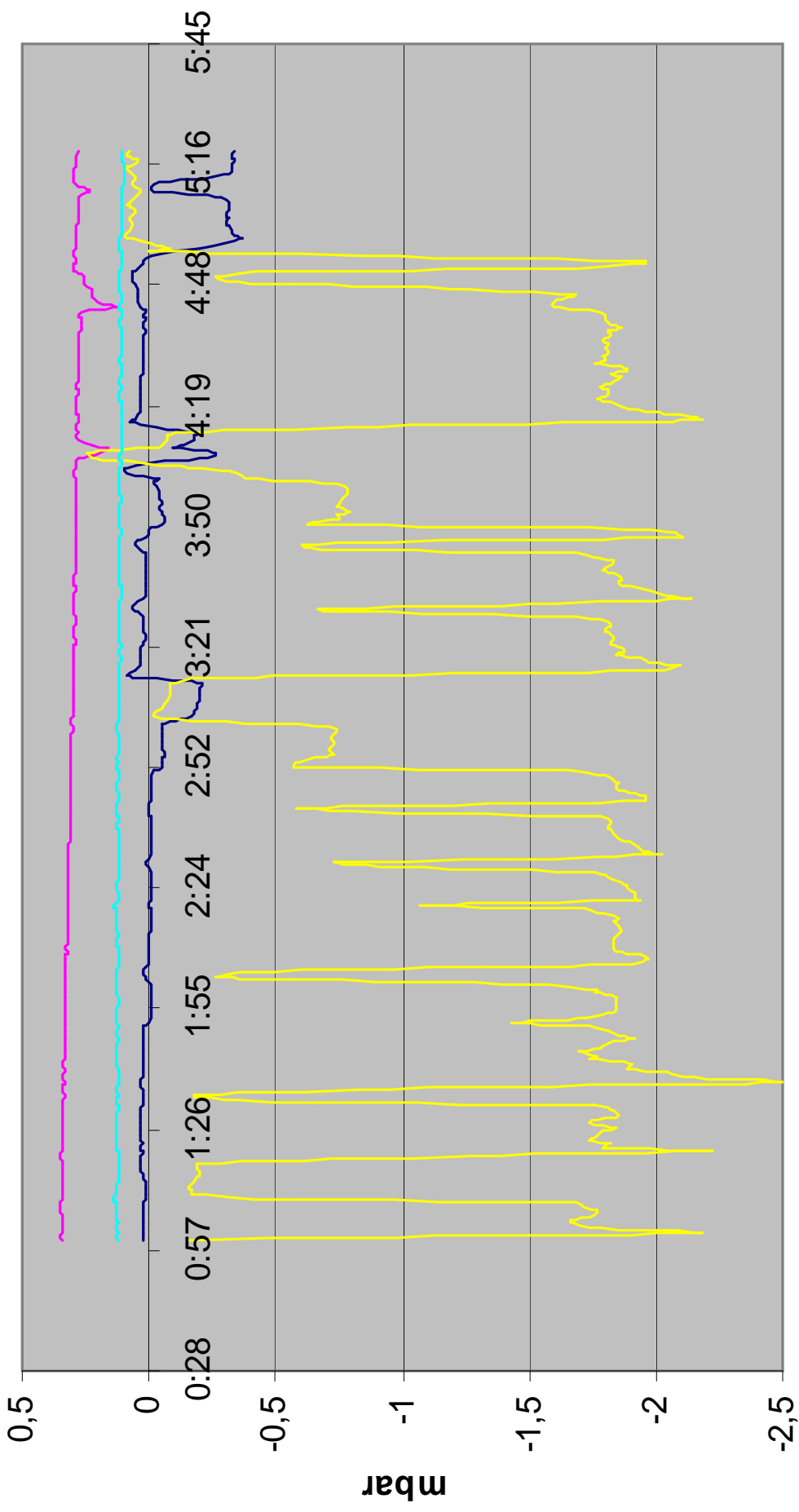
# Liite 3 (1/9): Konvertterien tilatiedot 29.11.07 3 rikkaaksi-, 1 kuonapuhalluksella



**Liite 3 (2/9): Konvertterien asennot**  
**29.11.07 3 rikkaaksi-, 1 kuonapuhalluksella**

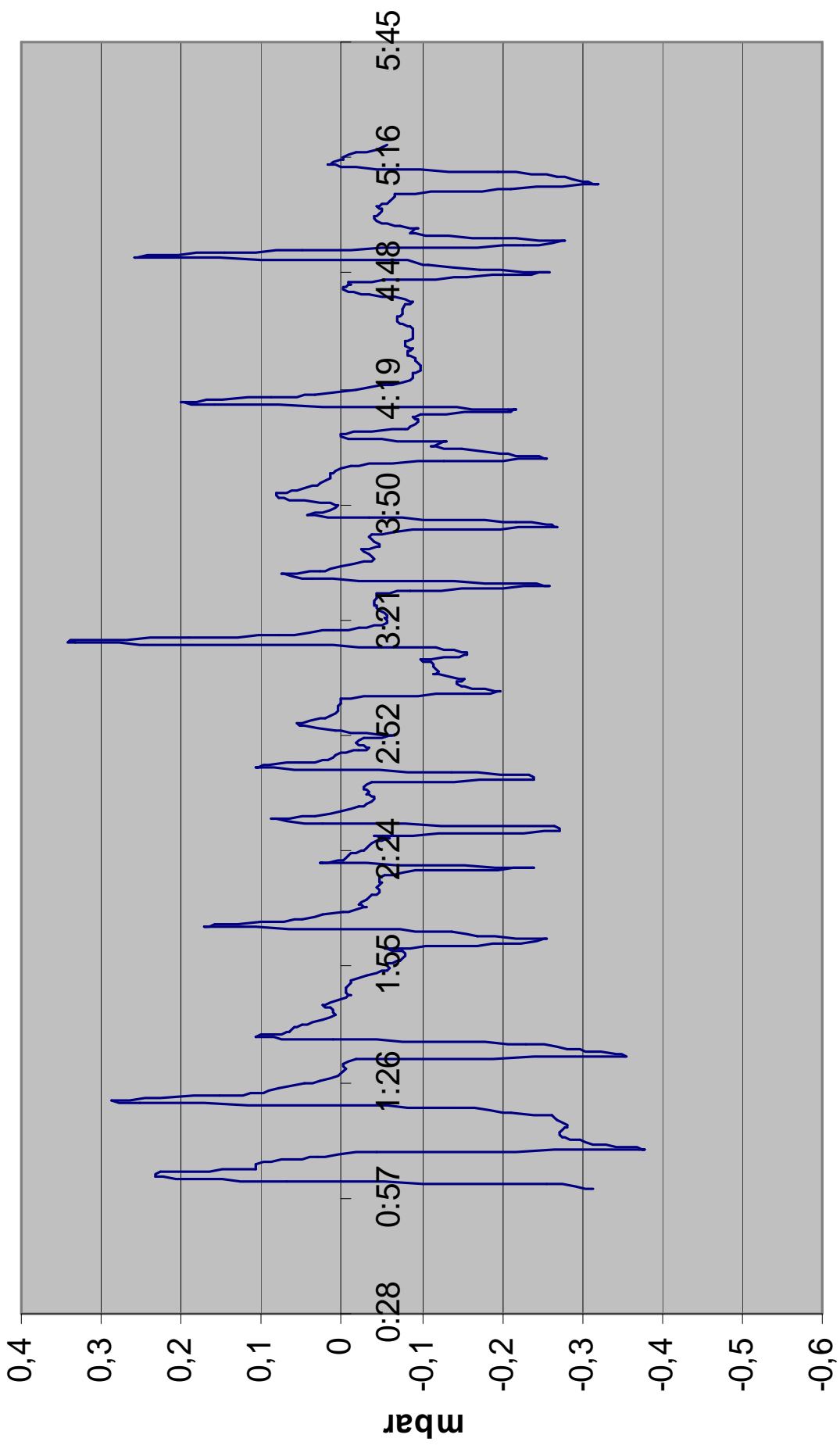


**Liite 3 (3/9): Konvertterien hattujen paineet**  
**29.11.07 3 rikkaaksi-, 1 kuonapuhalluksella**

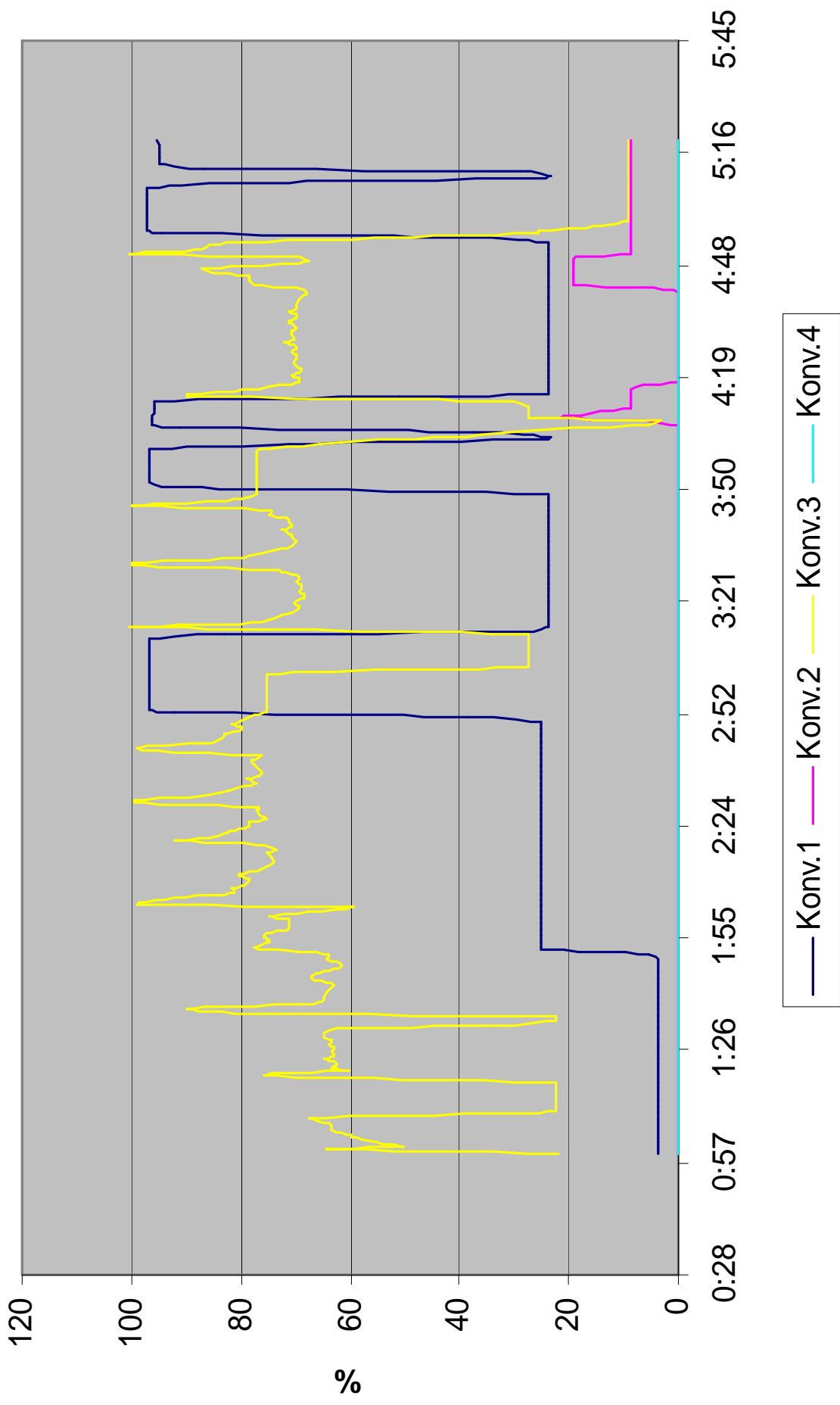


— Konv.1 — Konv.2 — Konv.3 — Konv.4

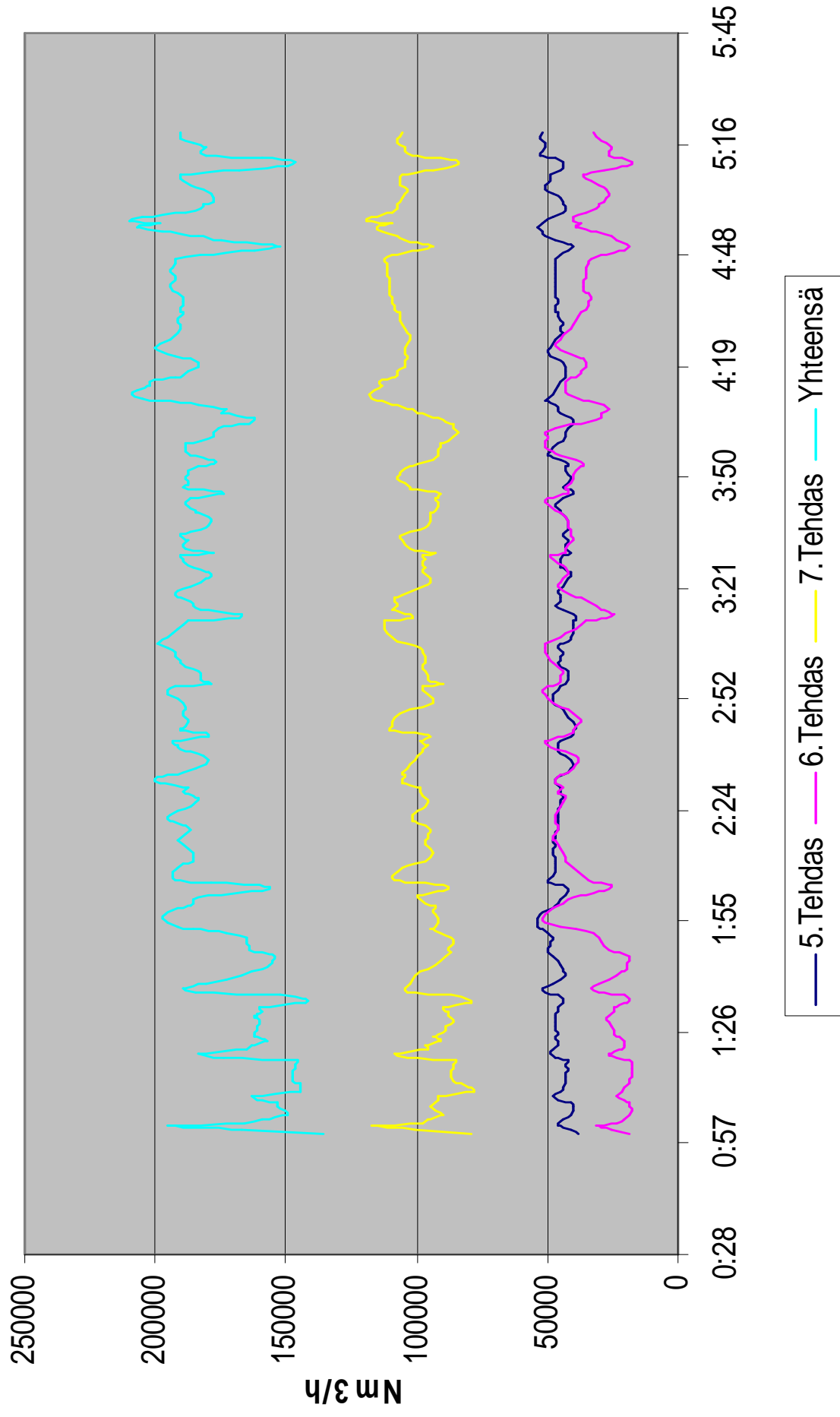
**Liite 3 (4/9): Yhteisputken paine**  
**29.11.07 3 rikkaaksi-, 1 kuonapuhalluksella**



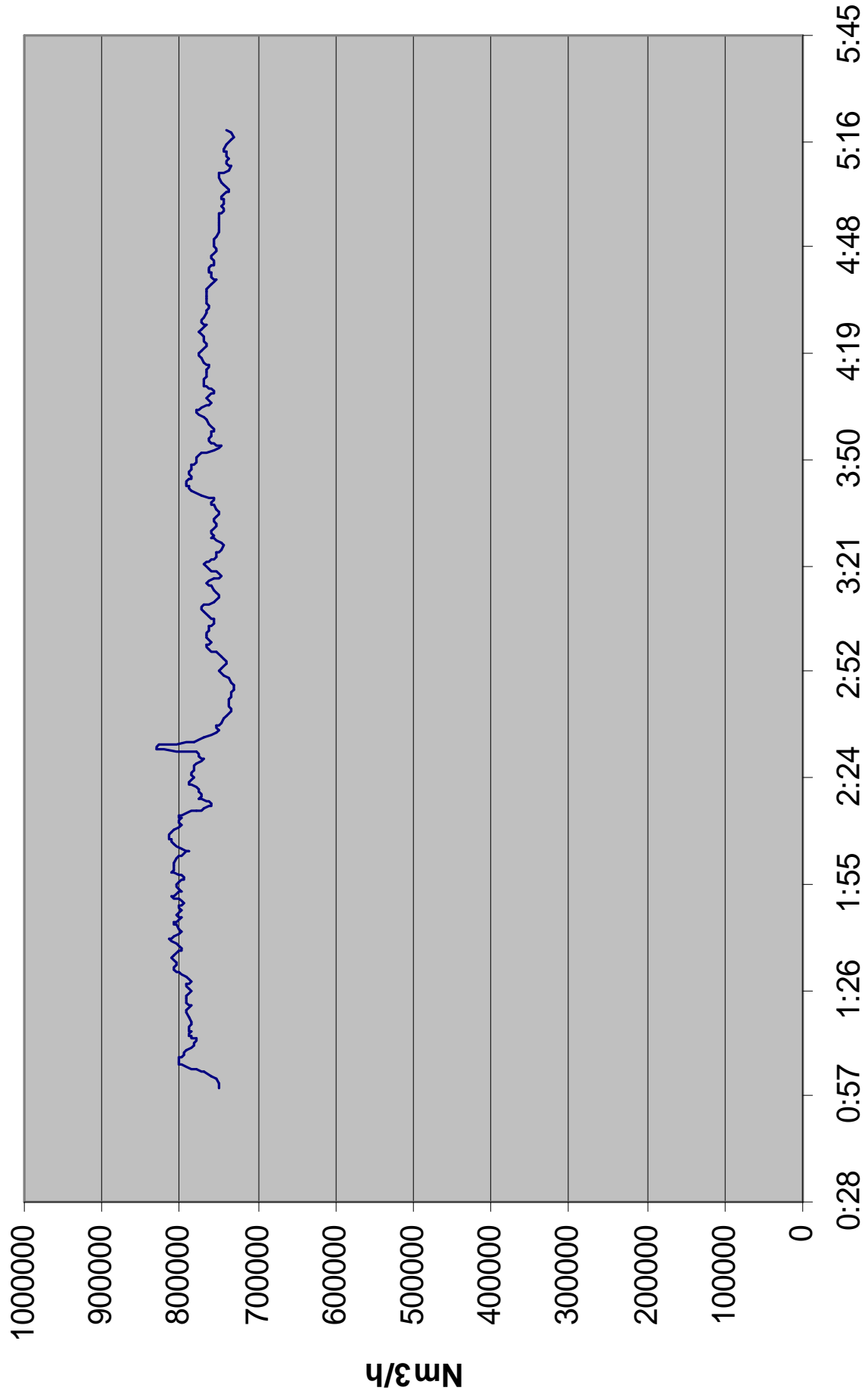
**Liite 3 (5/9): Vinoventtiilien asennot**  
**29.11.07 3 rikkaaksi-, 1 kuonapuhalluksella**



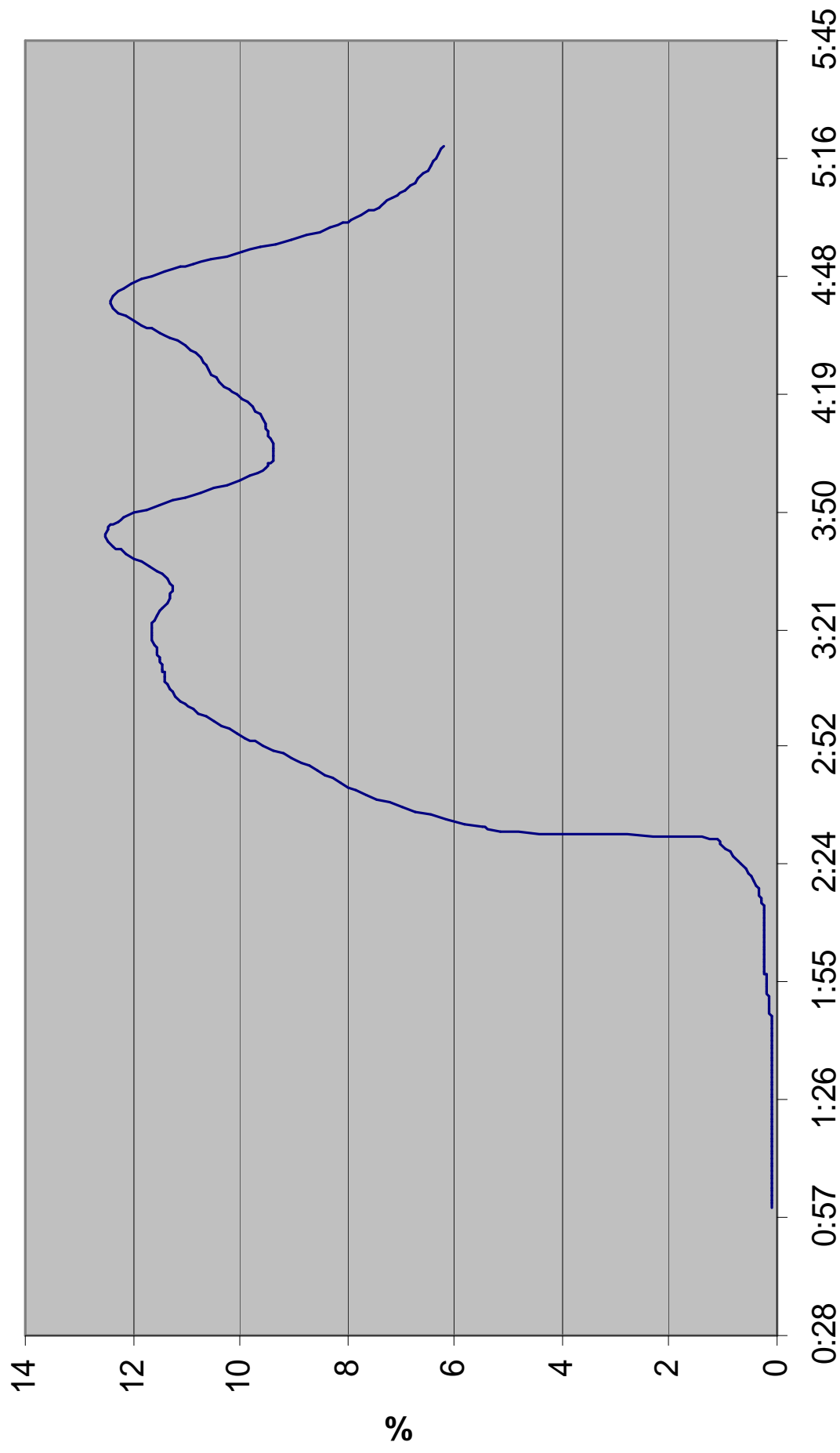
**Liite 3 (6/9): Kaasumäärät happotehtaille  
29.11.07 3 rikkaaksi-, 1 kuonapuhalluksella**



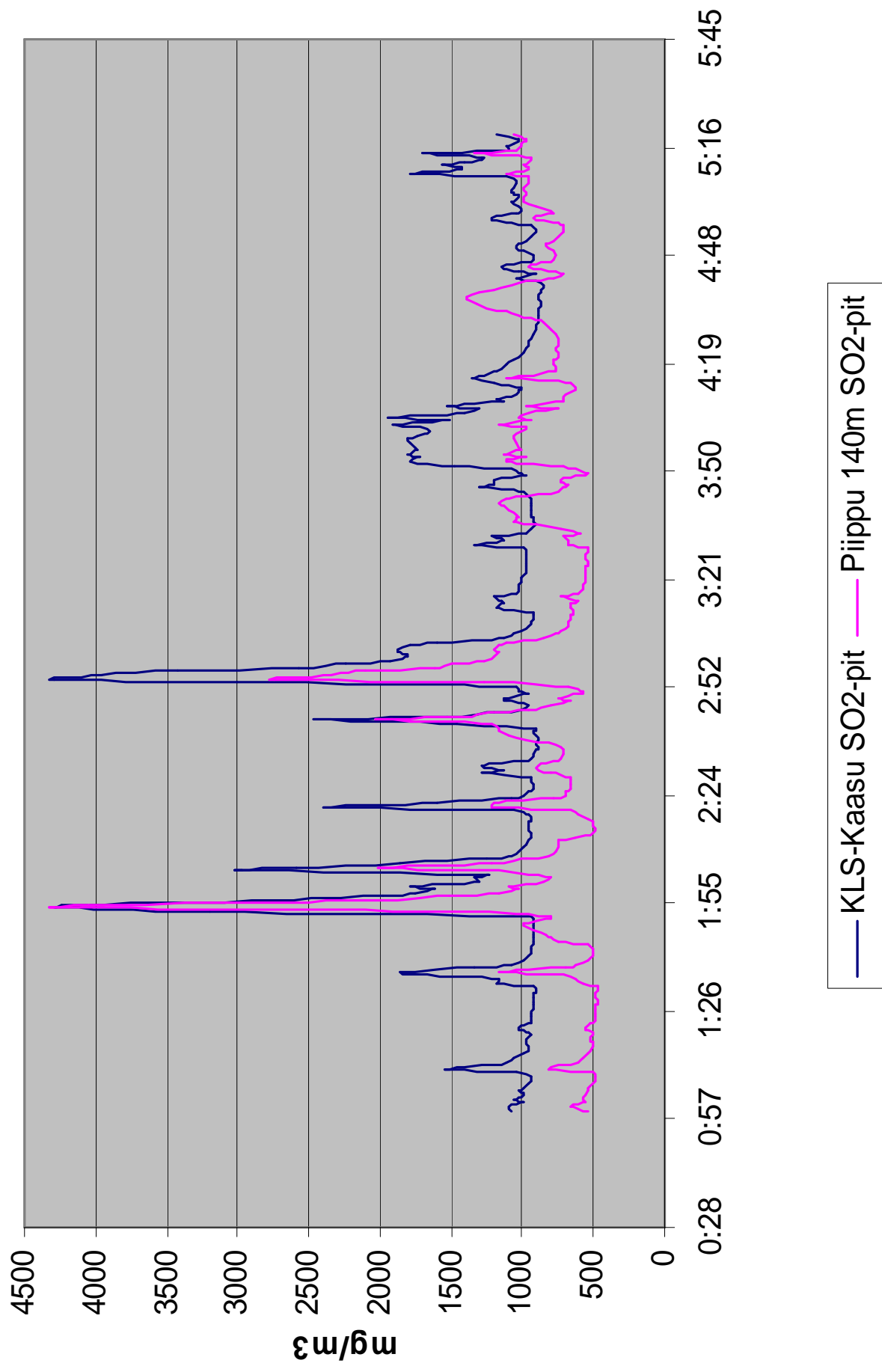
**Liite 3 (7/9): Piippu 140m kaasumäärä**  
**29.11.07 3 rikkaaksi-, 1 kuonapuhalluksella**



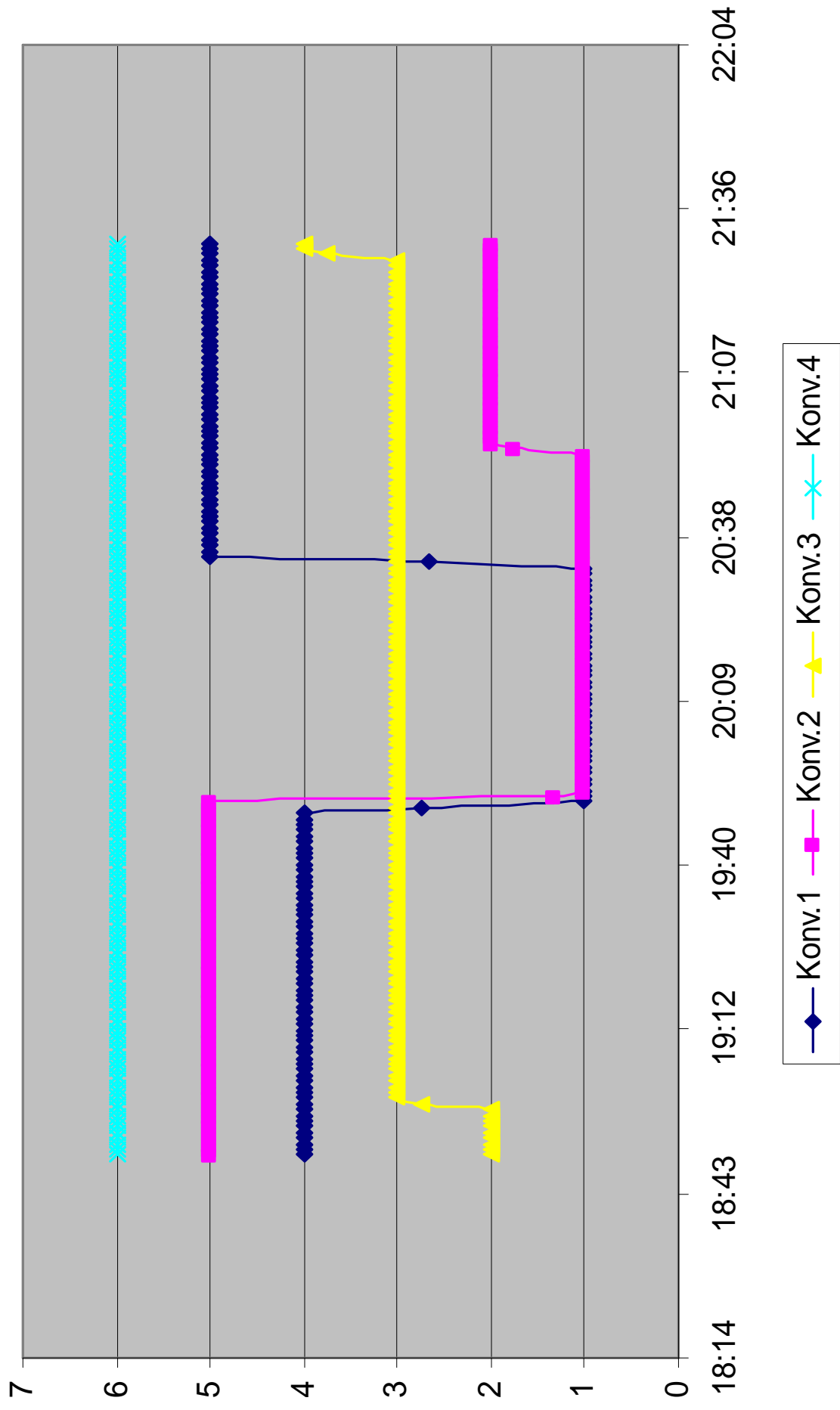
**Liite 3 (8/9): Yhteisputken SO2-pit**  
**29.11.07 3 rikkaaksi-, 1 kuonapuhalluksella**



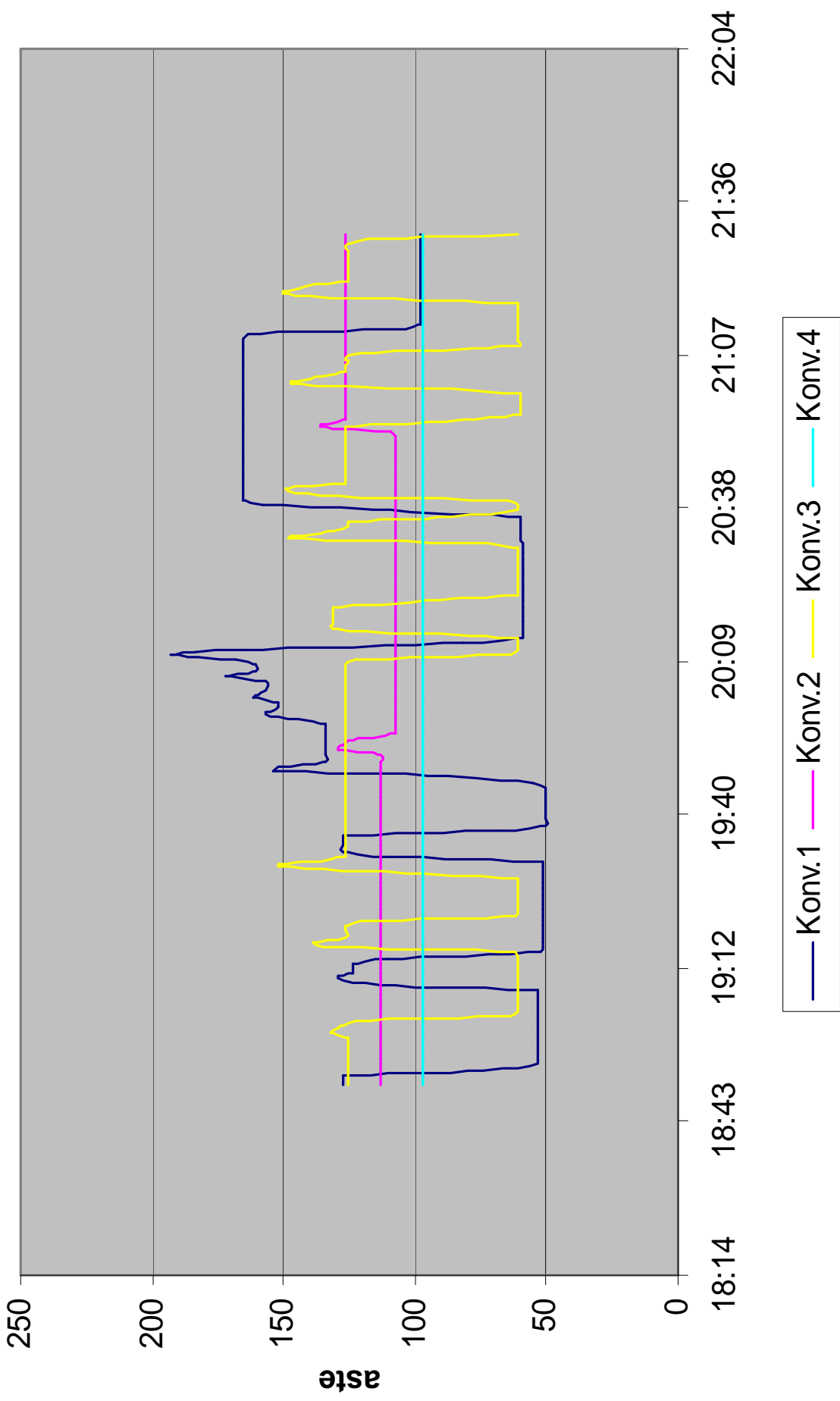
**Liite 3 (9/9): 140m Piippu & KLS-kaasu SO2-Pit**  
**29.11.07 3 rikkaaksi-, 1 kuonapuhalluksella**



# Liite 4 (1/9): Konvertterien tilatiedot 21.12.07 3 kuona-, 1 rikkaaksipuhalluksella



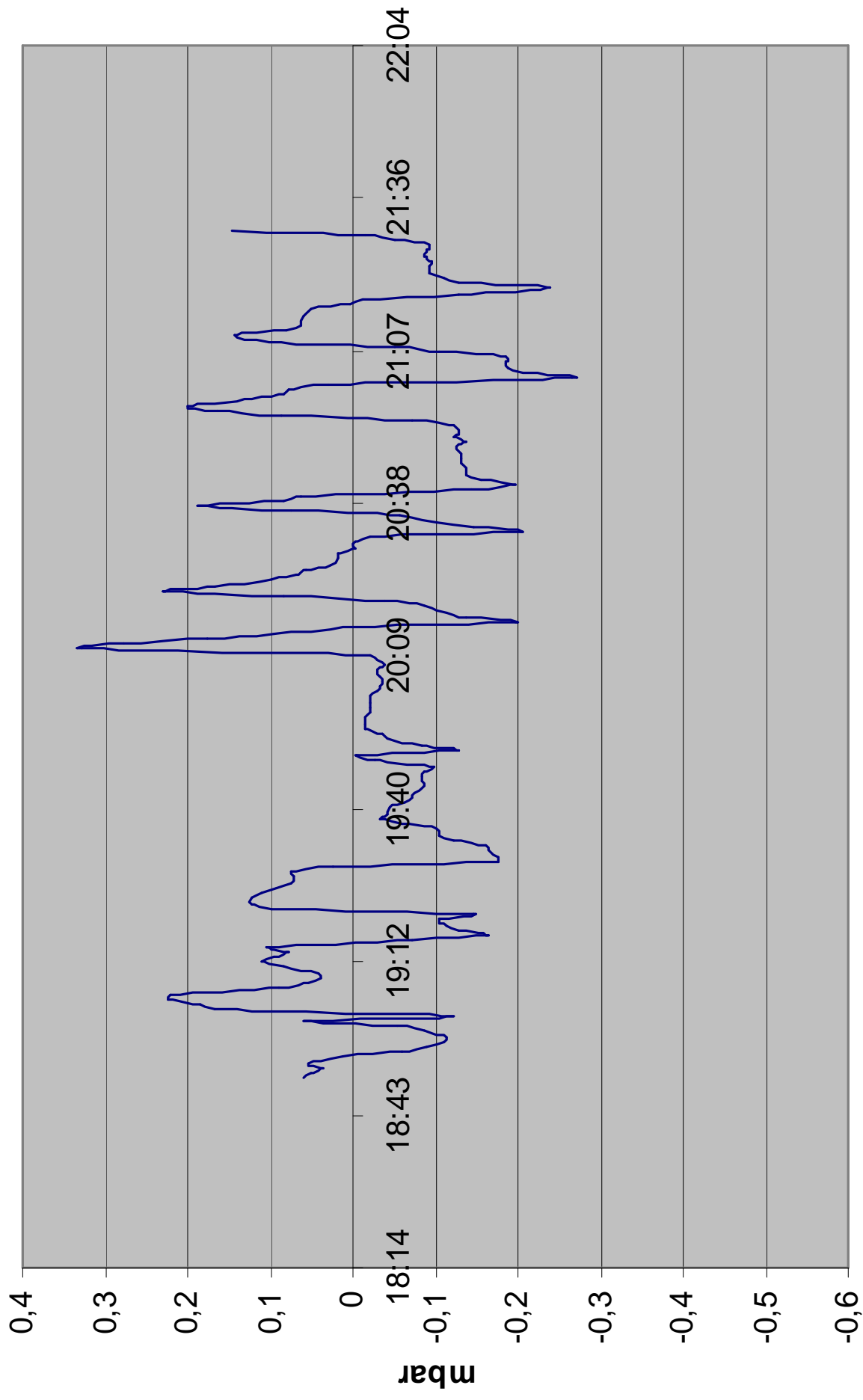
**Liite 4 (2/9): Konvertterien asennot  
21.12.07 3 kuona-, 1 rikkaaksipuhalluksella**



# Liite 4 (3/9): Konvertterien hattujen paineet 21.12.07 3 kuona-, 1 rikkaaksupuhalluksella



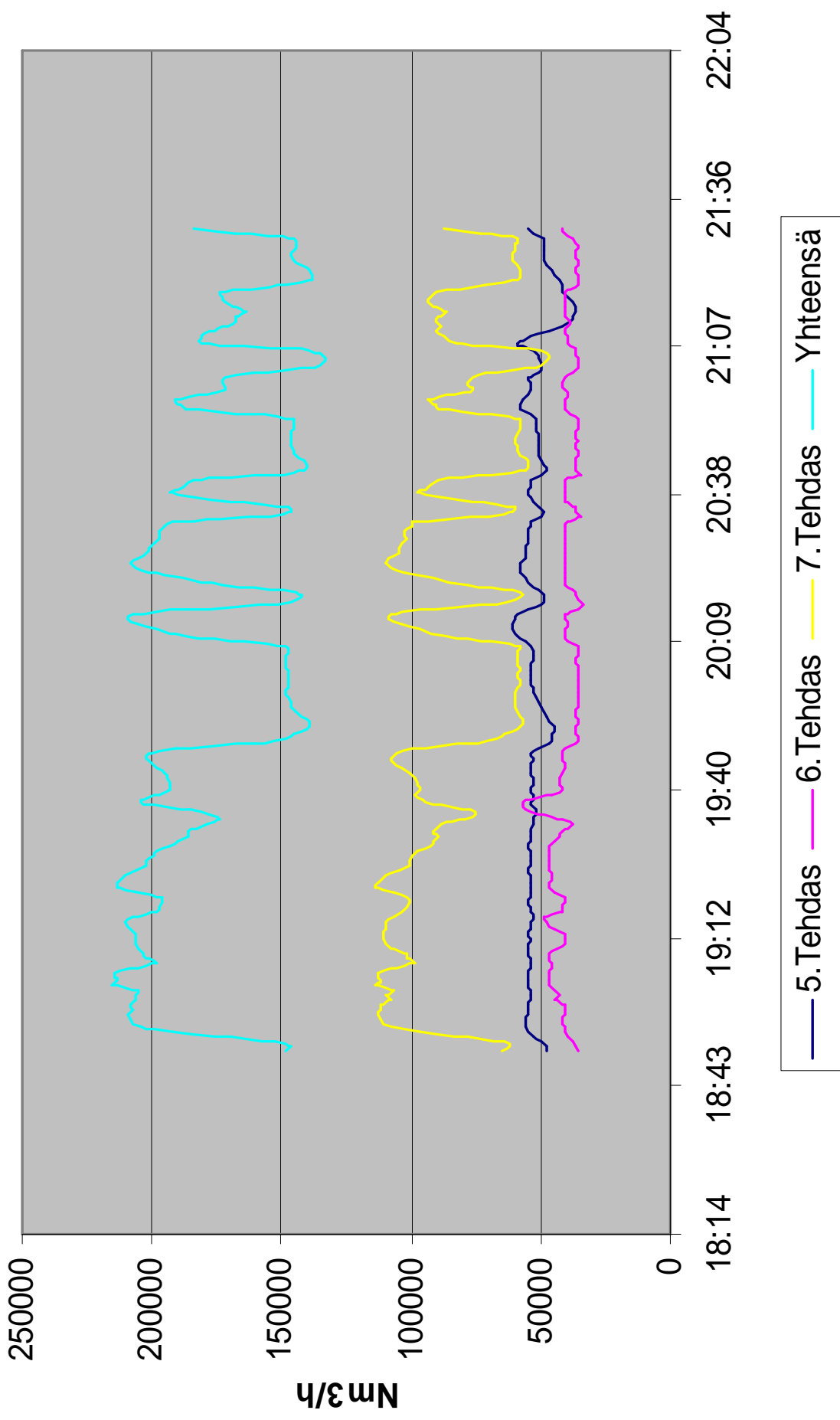
**Liite 4 (4/9): Yhteisputken paine  
21.12.07 3 kuona-, 1 rikkaaksi puhalluksella**



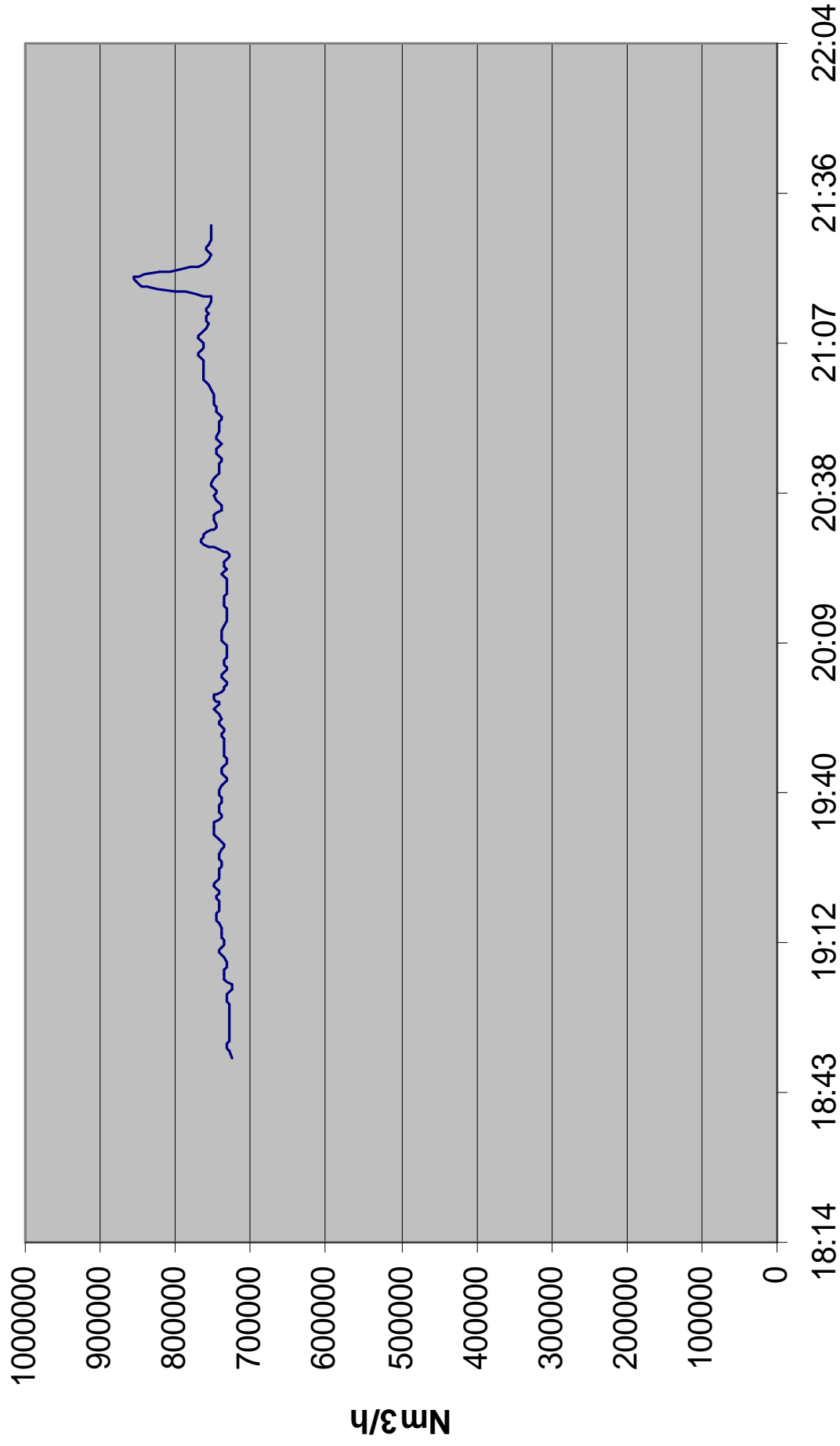
**Liite 4 (5/9): Vinoventtiilien asennot**  
**21.12.07 3 kuona-, 1 rikkaaksipuhalluksella**



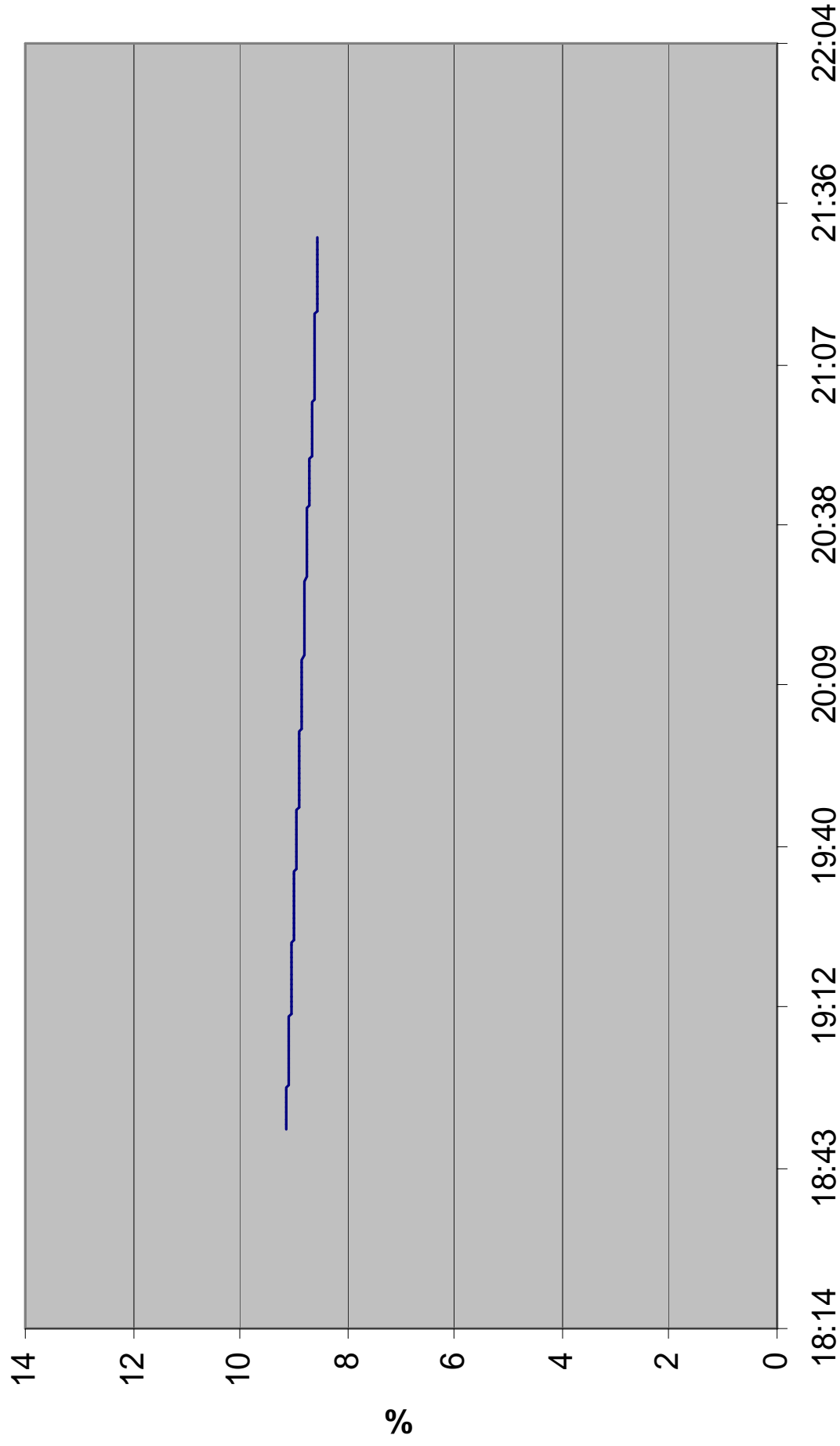
**Liite 4 (6/9): Kaasumäärät happotehtaille  
21.12.07 3 kuona-, 1 rikkaaksipuhalluksella**



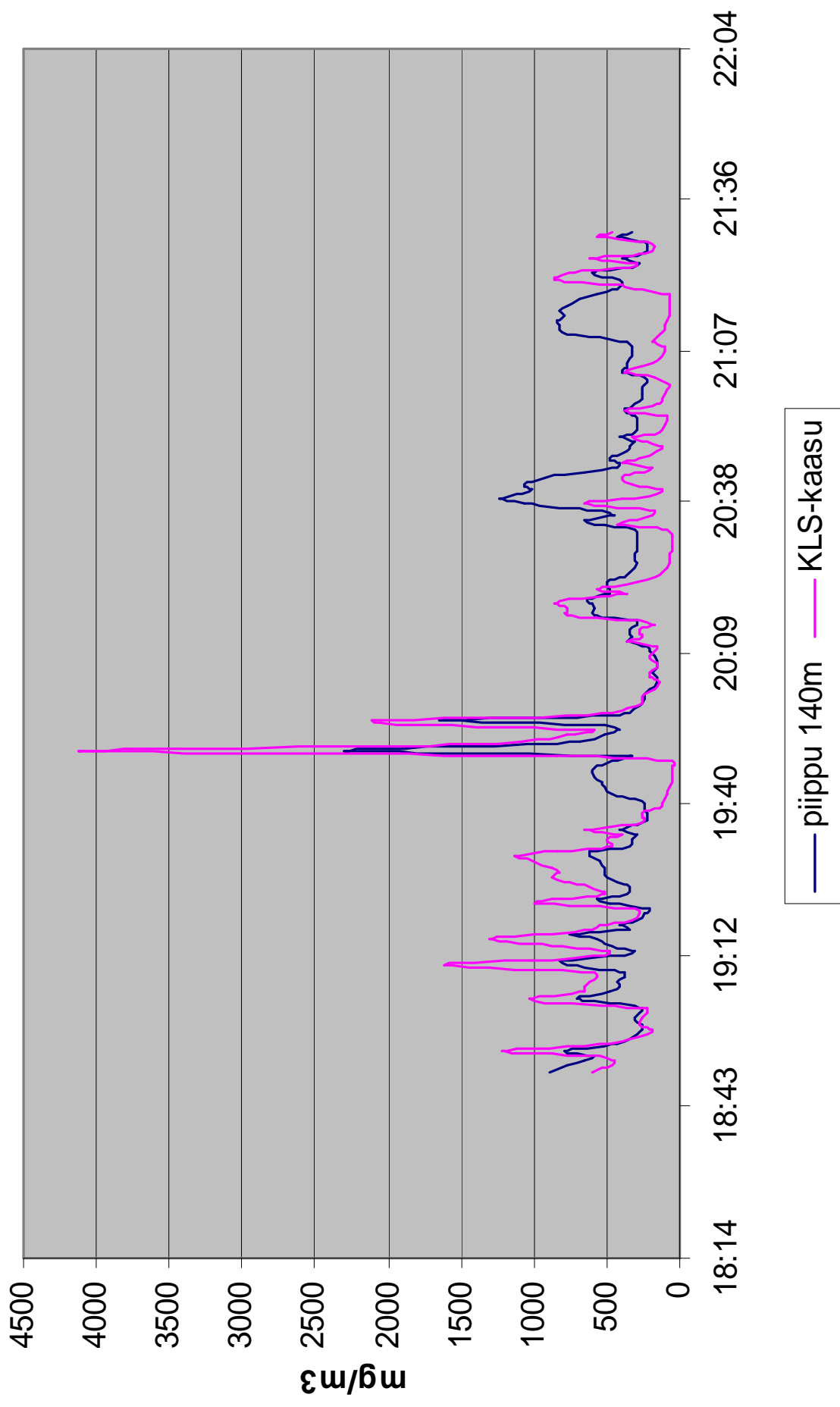
**Liite 4 (7/9): Piippu 140m kaasumäärä  
21.12.07 3 kuona-, 1 rikkaaksipuhalluksella**



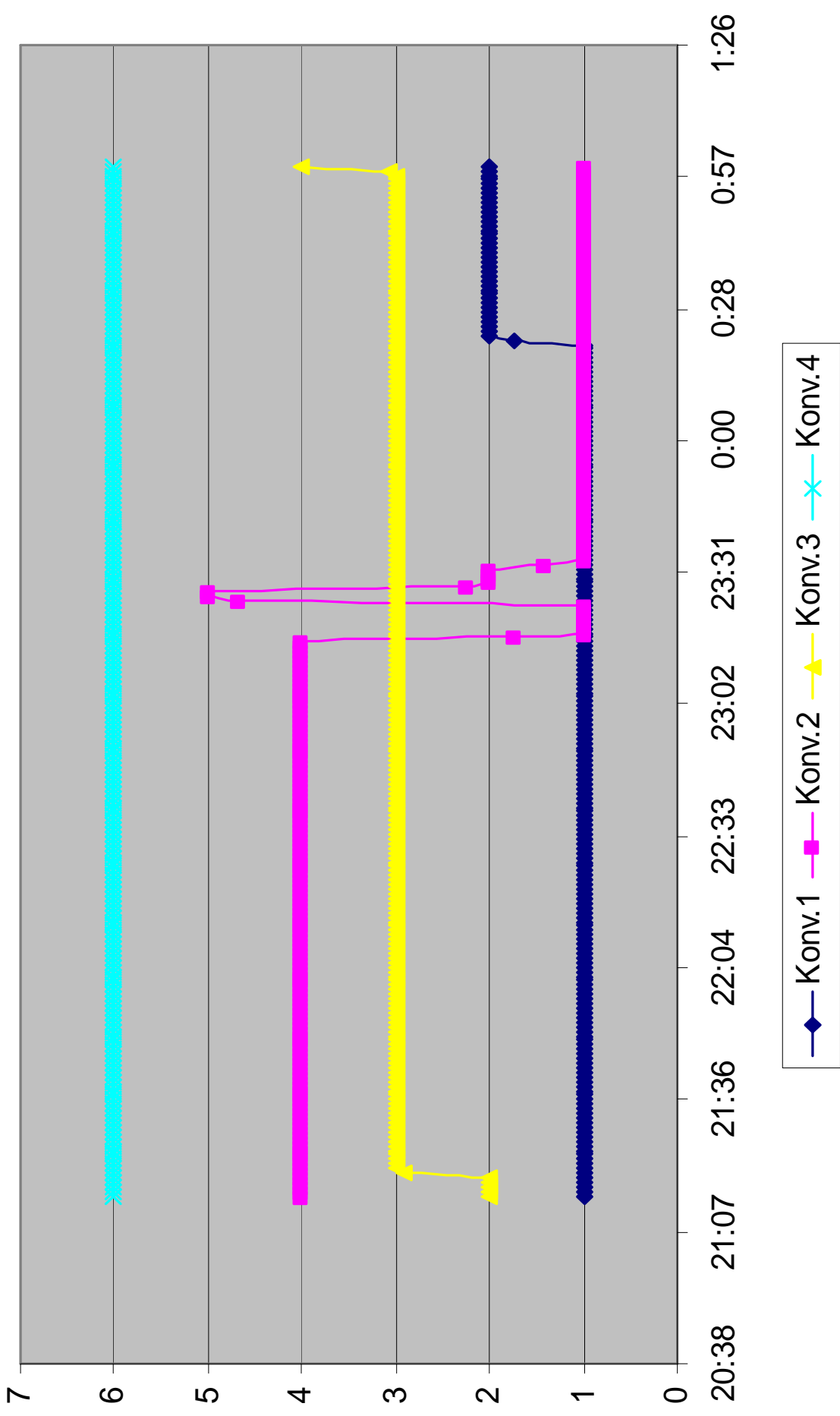
**Liite 4 (8/9): Yhteisputken SO2-pit  
21.12.07 3 kuona-, 1 rikkaaksipuhalluksella**



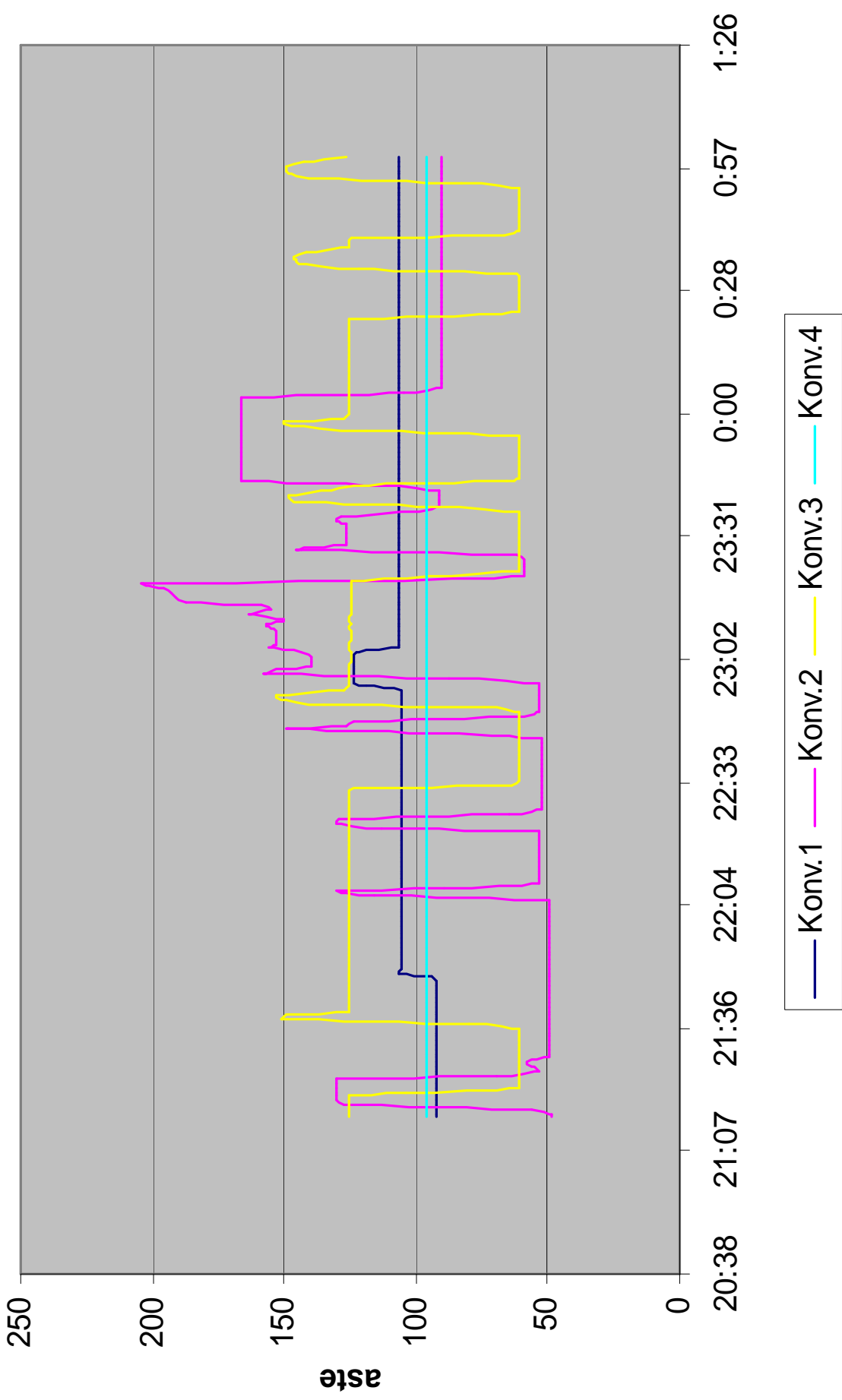
**Liite 4 (9/9): Piippu 140m & KLS-kaasu SO2-pit  
21.12.07 3 kuona-, 1 rikkaaksipuhalluksella**



# Liite 5 (1/9): Konvertterien tilatiedot 30.11.07 3 kuona-, 2 rikkaaksipuhalluksella



# Liite 5 (2/9): Konvertterien asennot 30.11.07 3 kuona-, 2 rikkaaksipuhalluksella

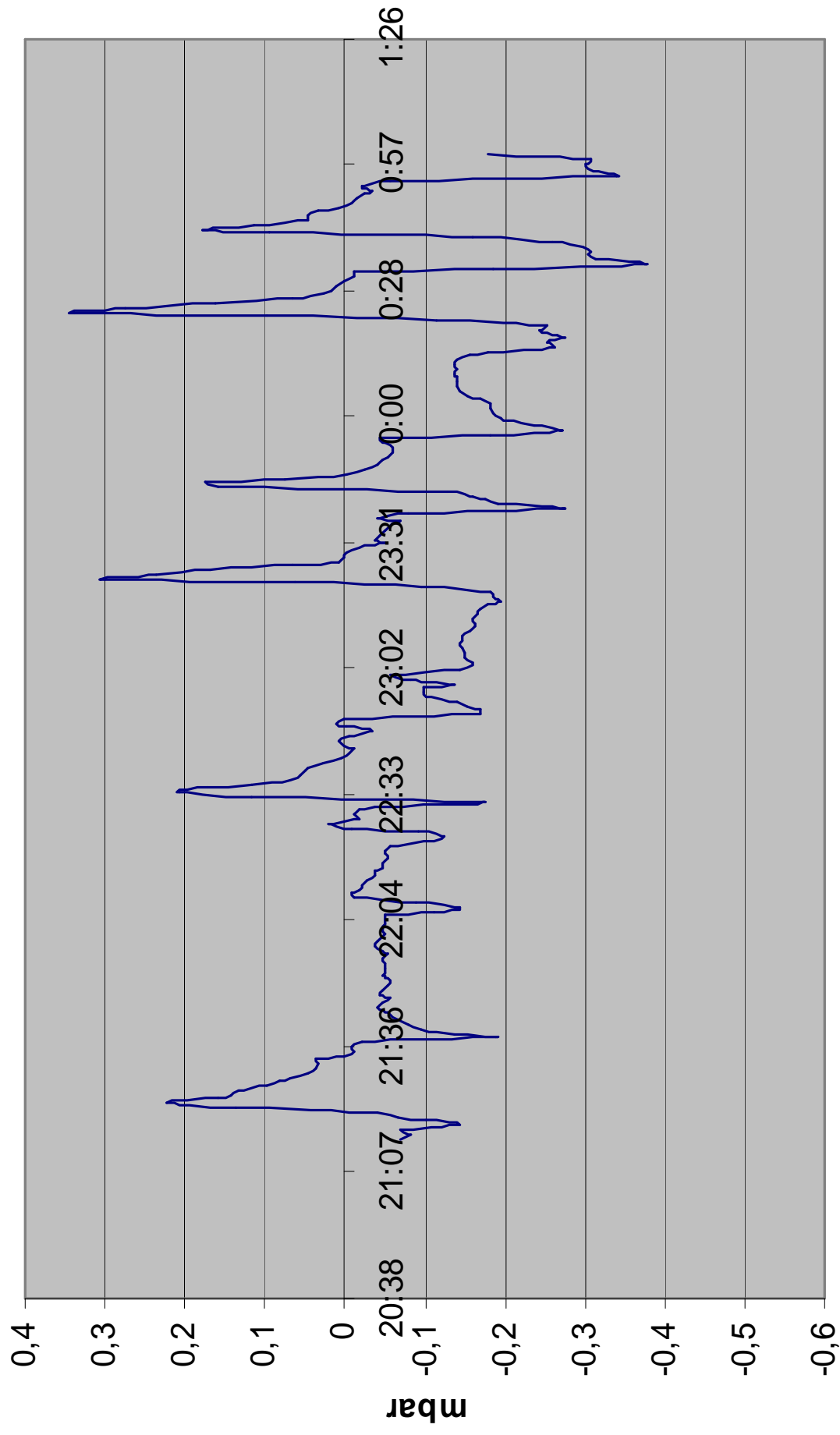


# Liite 5 (3/9): Konvertterien hattujen paineet 30.11.07 3 kuona-, 2 rikkaaksipuhalluksella



— Konv.1 — Konv.2 — Konv.3 — Konv.4

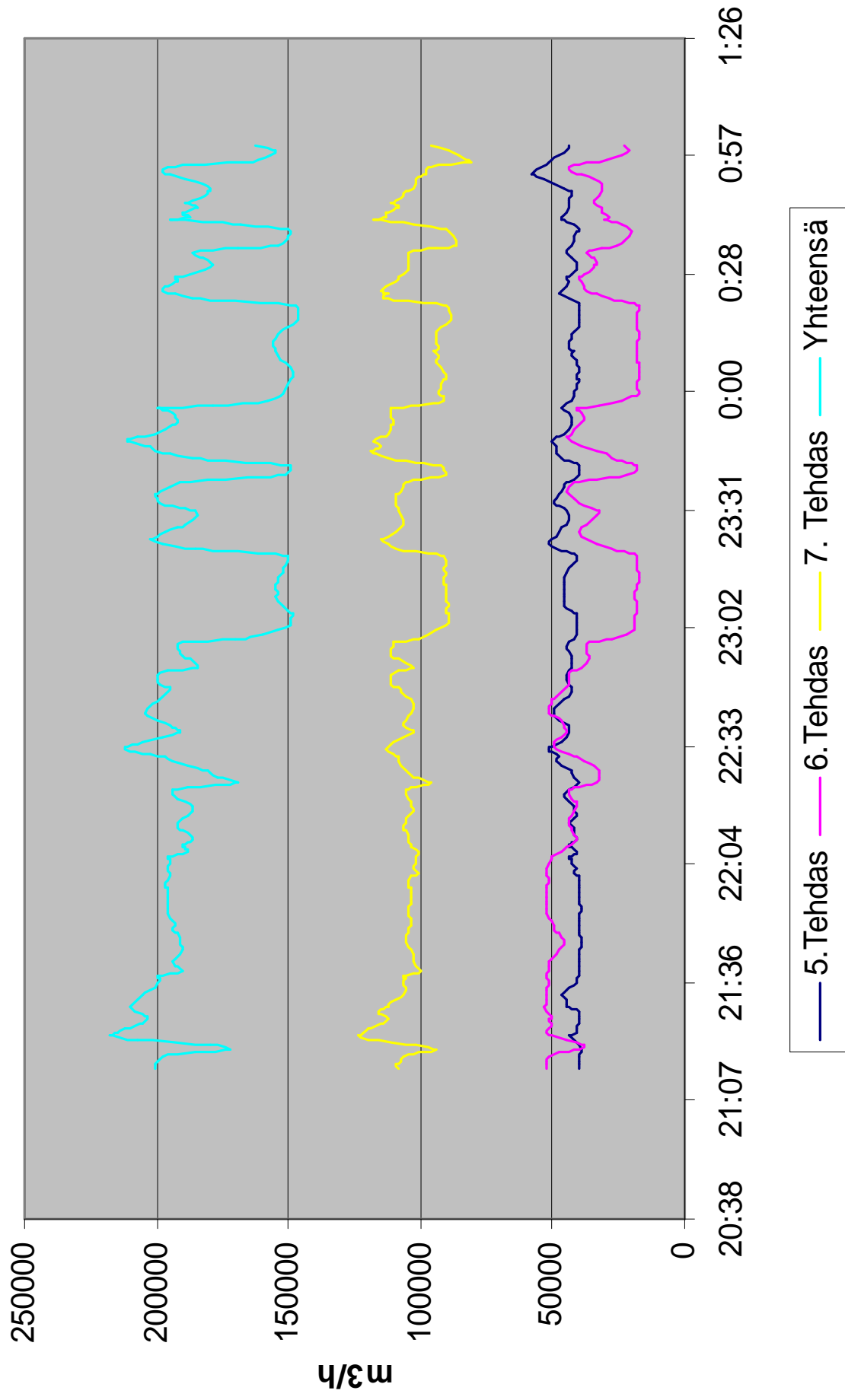
**Liite 5 (4/9): Yhteisputken paine  
30.11.07 3 kuona-, 2 rikkaaksipuhalluksella**



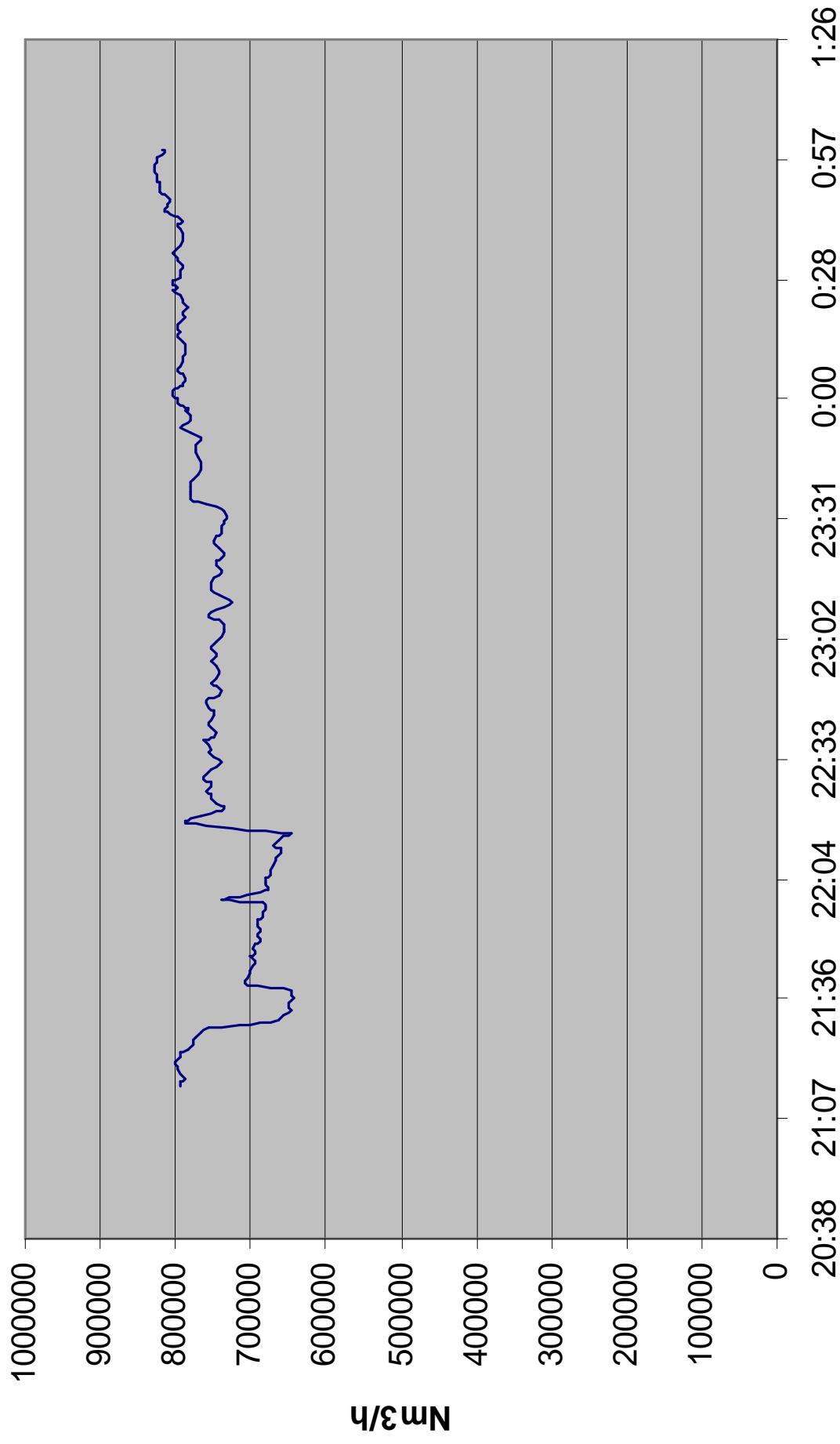
**Liite 5 (5/9): Vinoventtiilien asennot**  
**30.11.07 3 kuona-, 2 rikkaaksi puhalluksella**



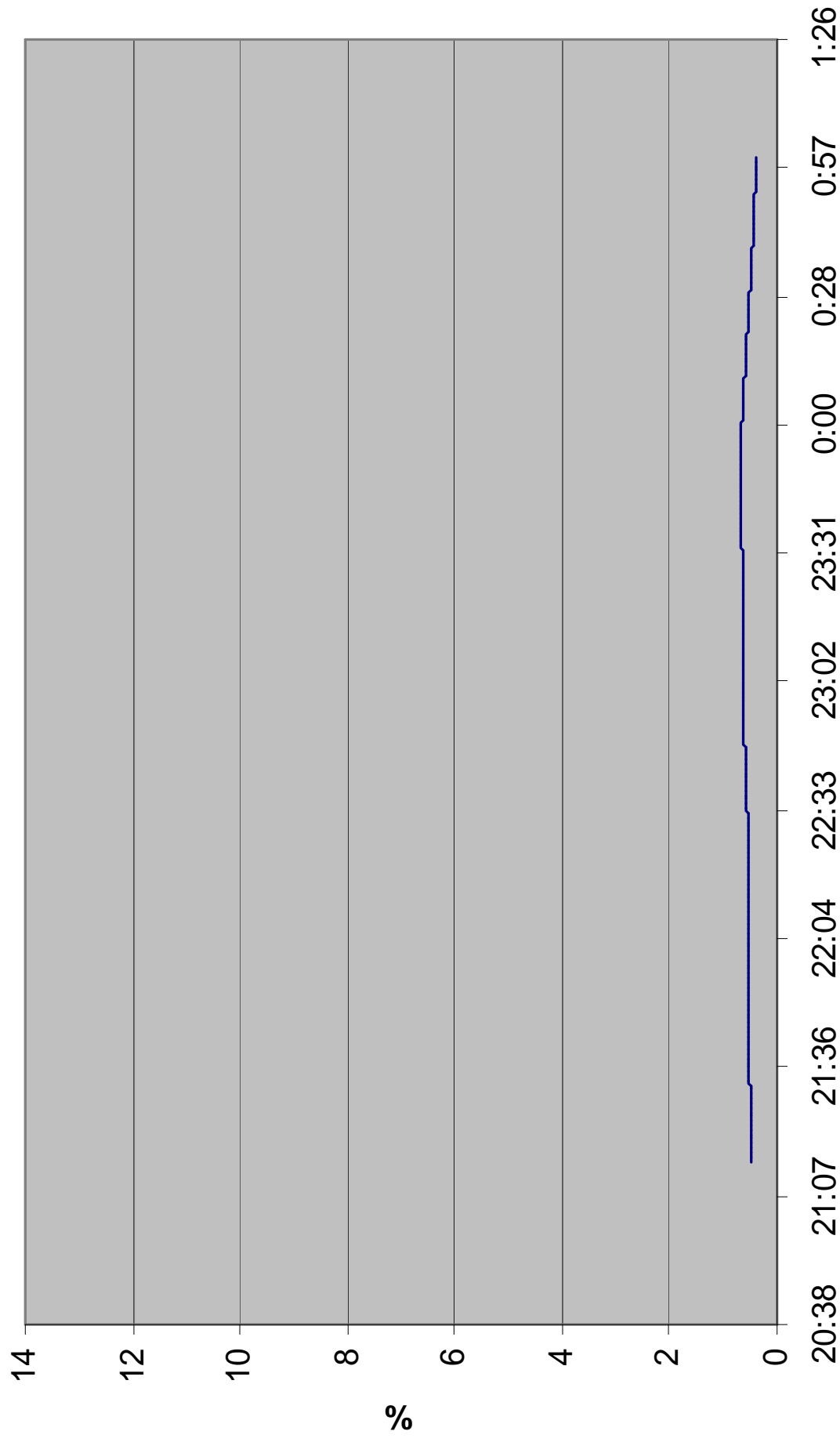
**Liite 5 (6/9): Kaasumäärät happotehtaille  
30.11.07 3 kuona-, 2 rikkaaksi puhalluksella**



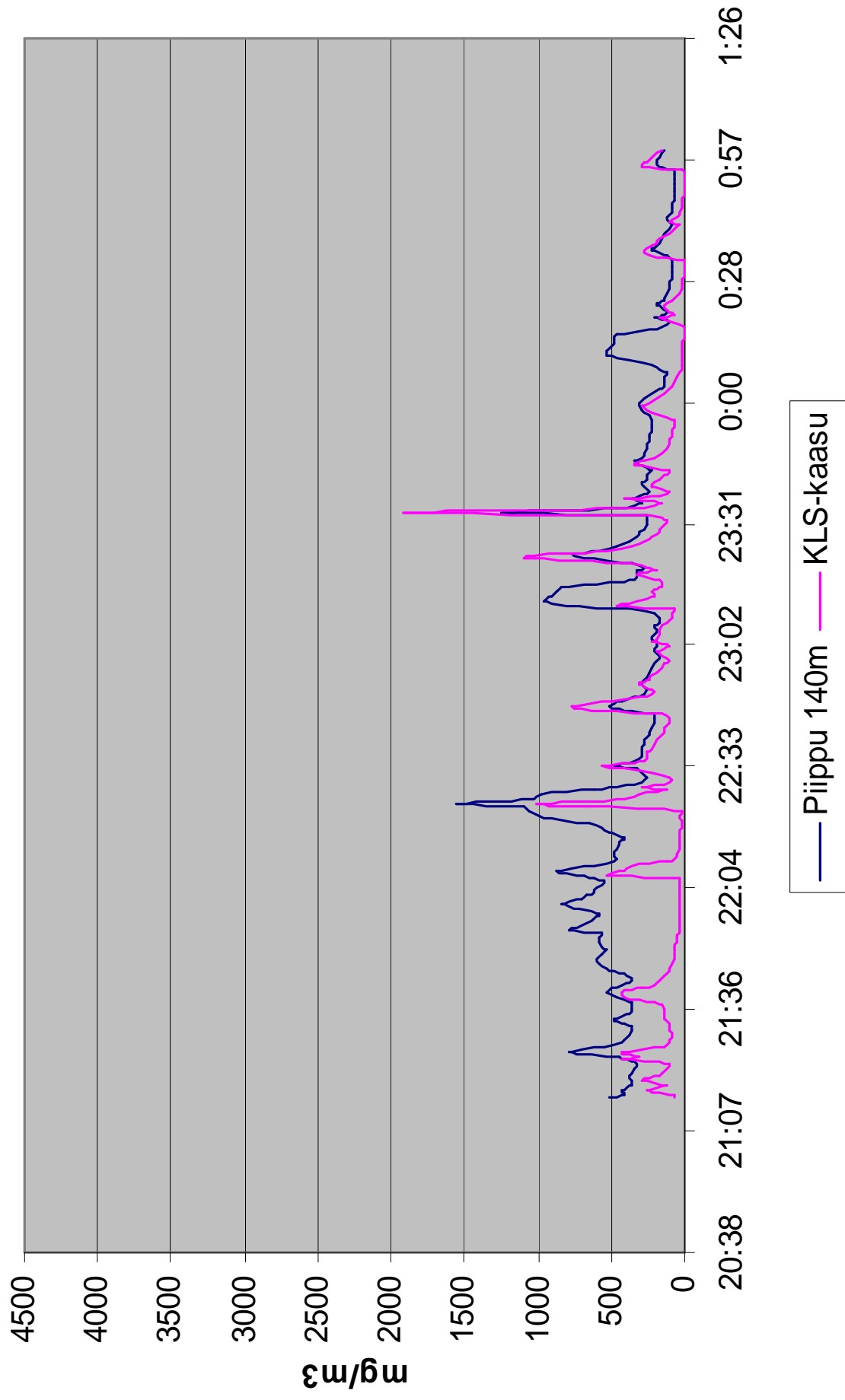
**Liite 5 (7/9): 140m Piippu kaasumäärä  
30.11.07 3 kuona-, 2 rikkaaksipuhalluksella**



**Liite 5 (8/9): Yhteisputken SO2-pit  
30.11.07 3 kuona-, 2 rikkaaksipuhalluksella**

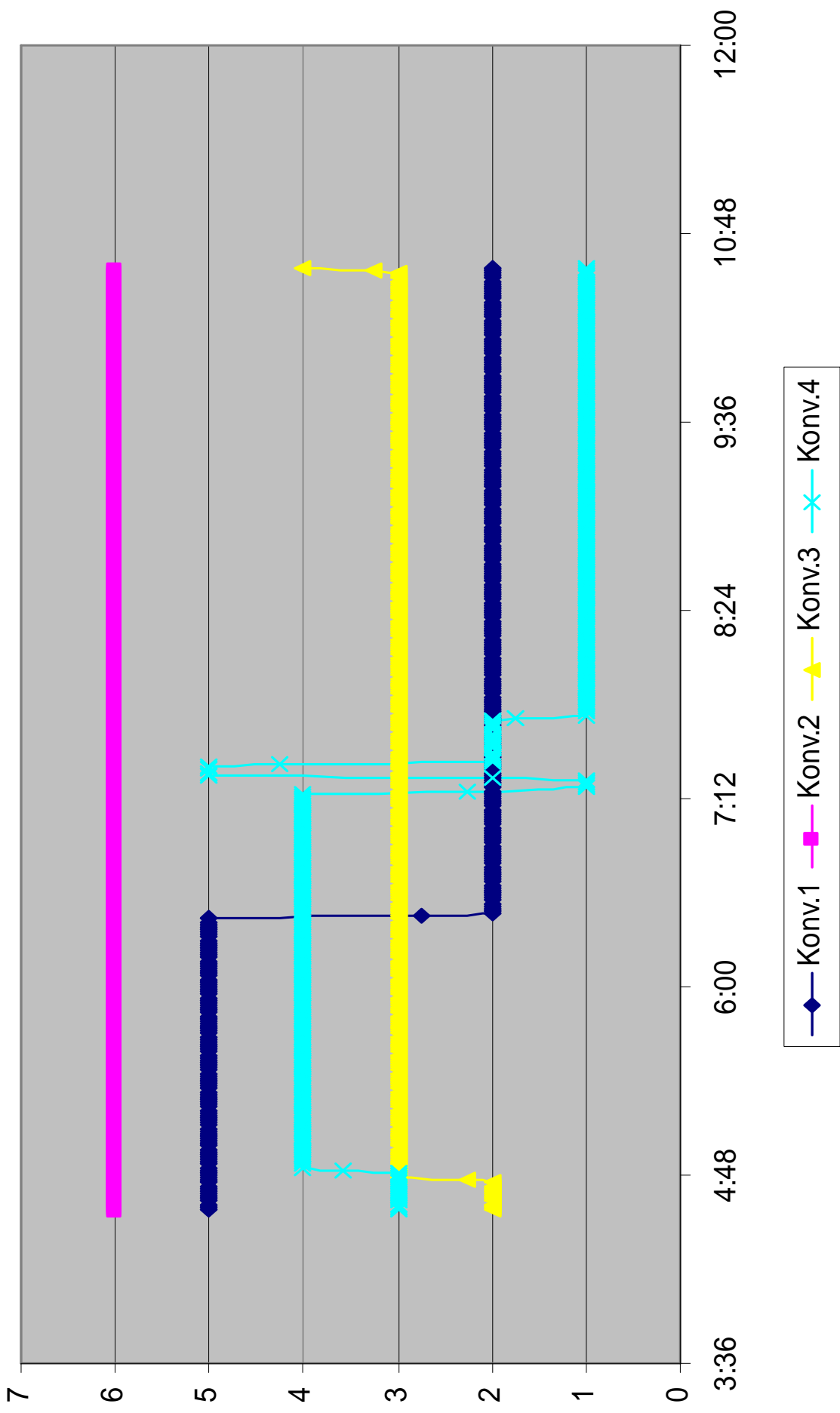


**Liite 5 (9/9): 140m Piippu & KLS-kaasu SO2-pit  
30.11.07 3 kuona-, 4 rikkaaksipuhalluksella**



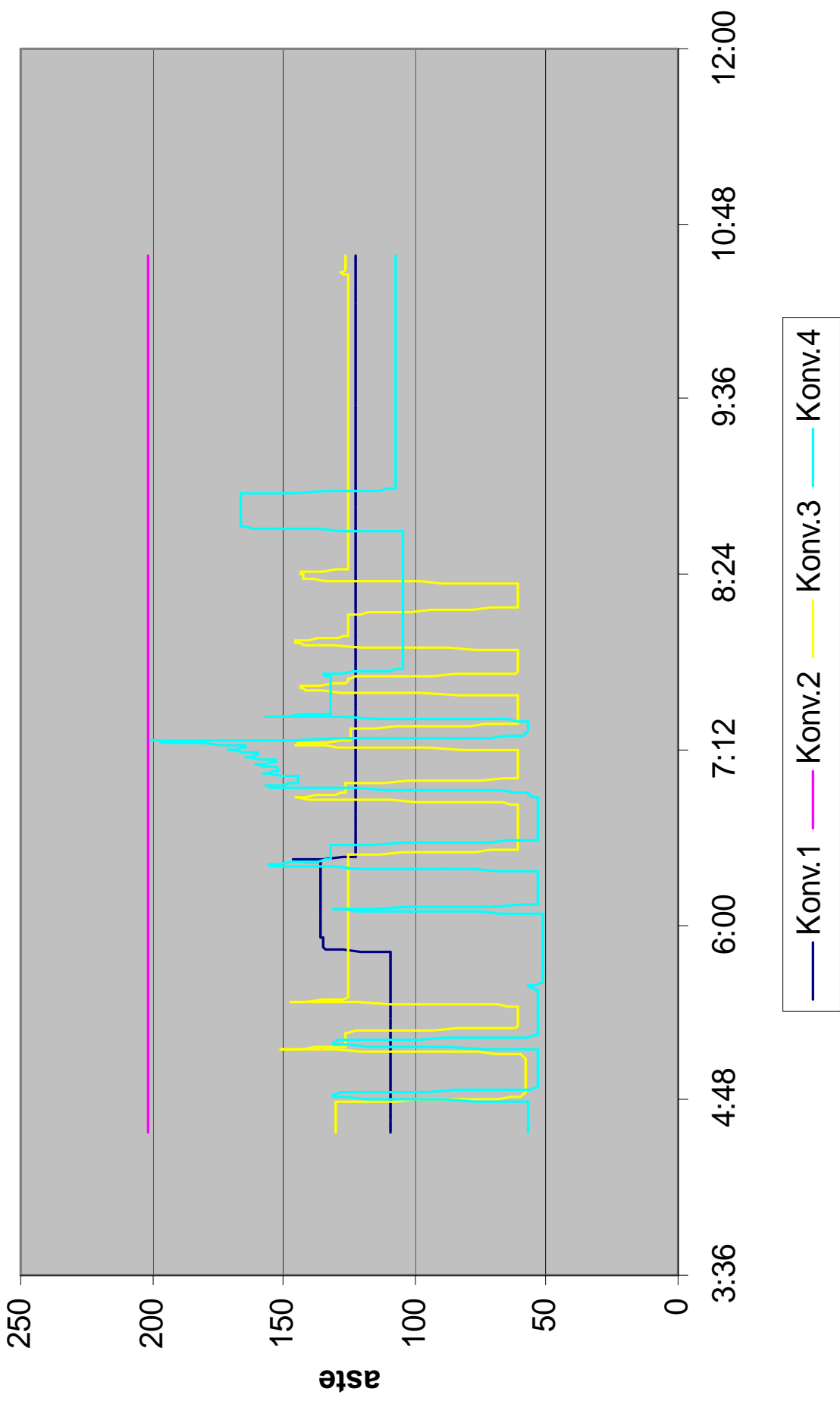
# Liite 6 (1/9): Konvertterien tilatiedot

## 5.1.08 3. kuona-, 4. rikkaaksipuhalluksella



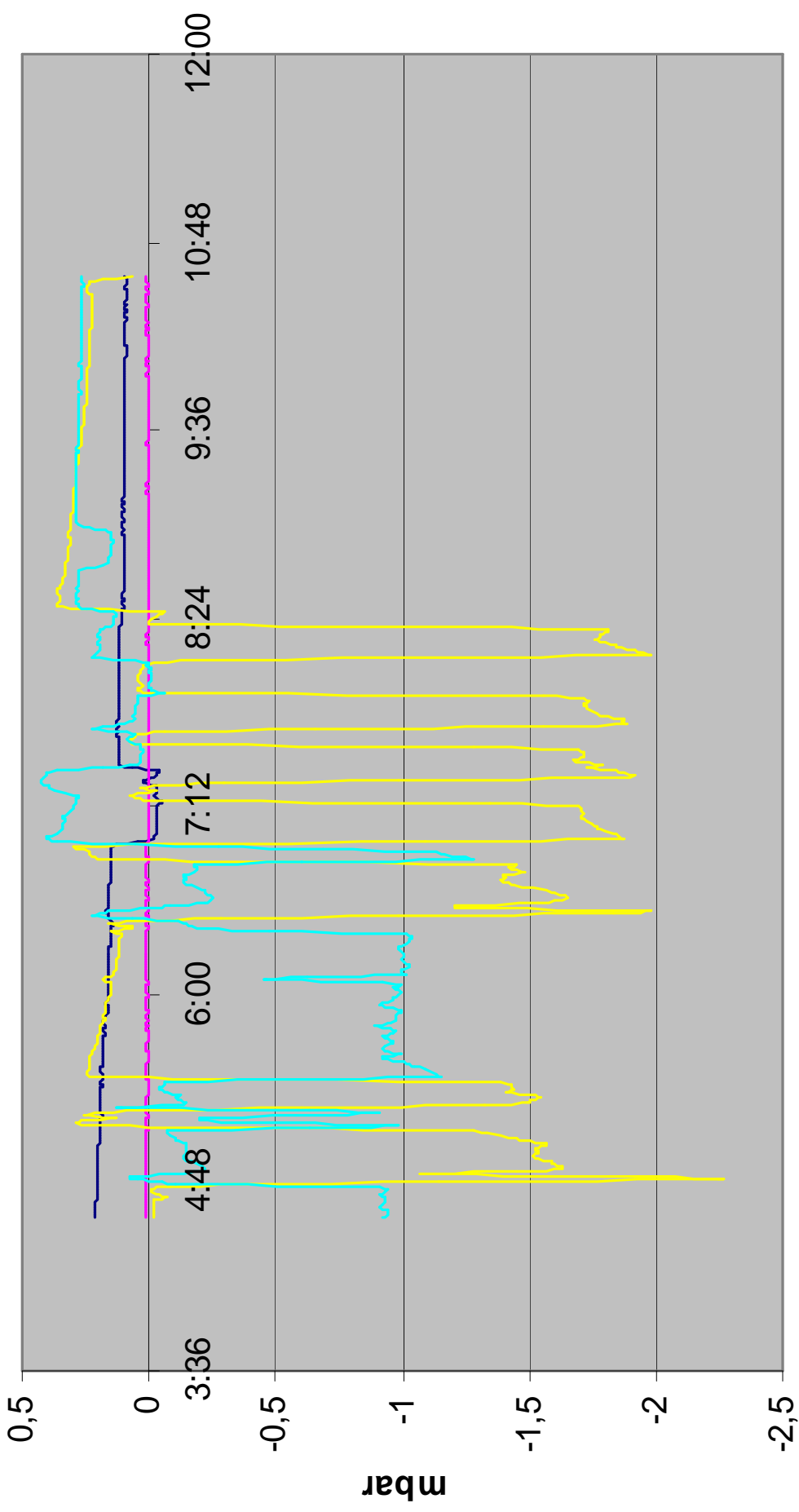
# Liite 6 (2/9): Konvertterien asennot

## 5.1.08 3 kuona-, 4 rikkaaksi puhalluksella



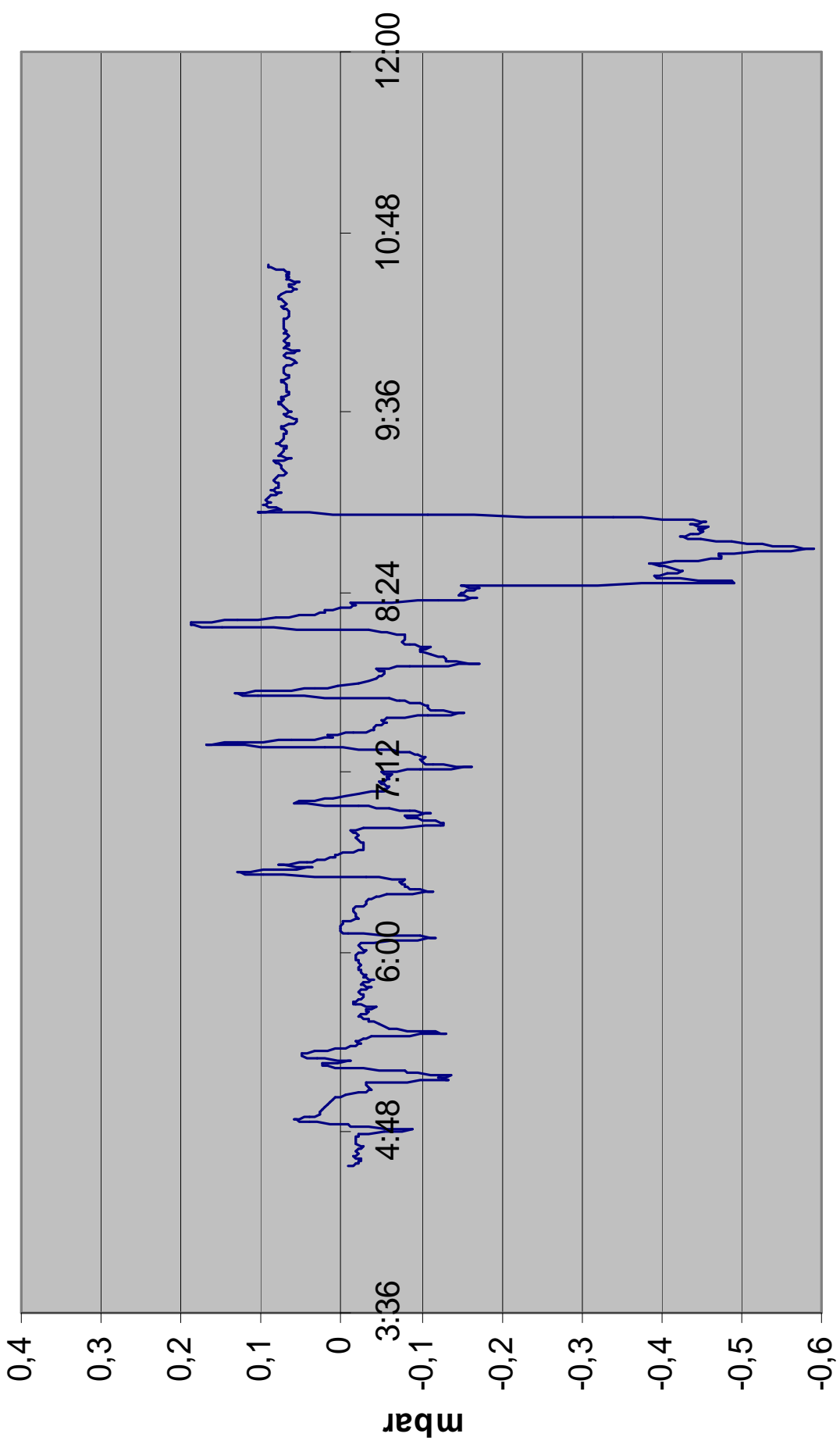
# Liite 6 (3/9): Konvertterien hattujen paineet

## 5.1.08 3 kuona-, 4 rikkaaksipuhalluksella



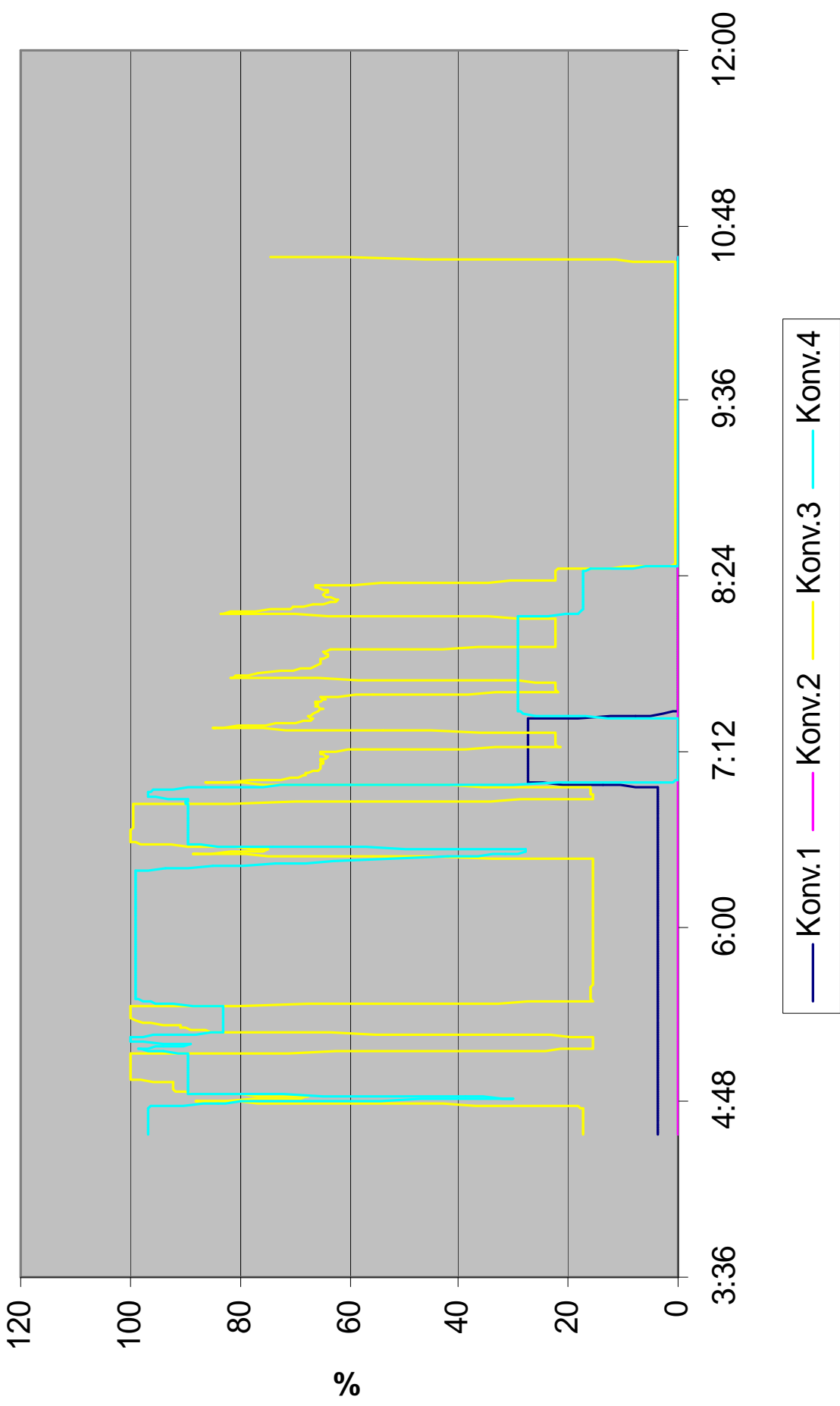
— Konv.1 — Konv.2 — Konv.3 — Konv.4

**Liite 6 (4/9): Yhteisputken paine**  
**5.1.08 3. Kuona-, 4. rikkaaksipuhalluksella**

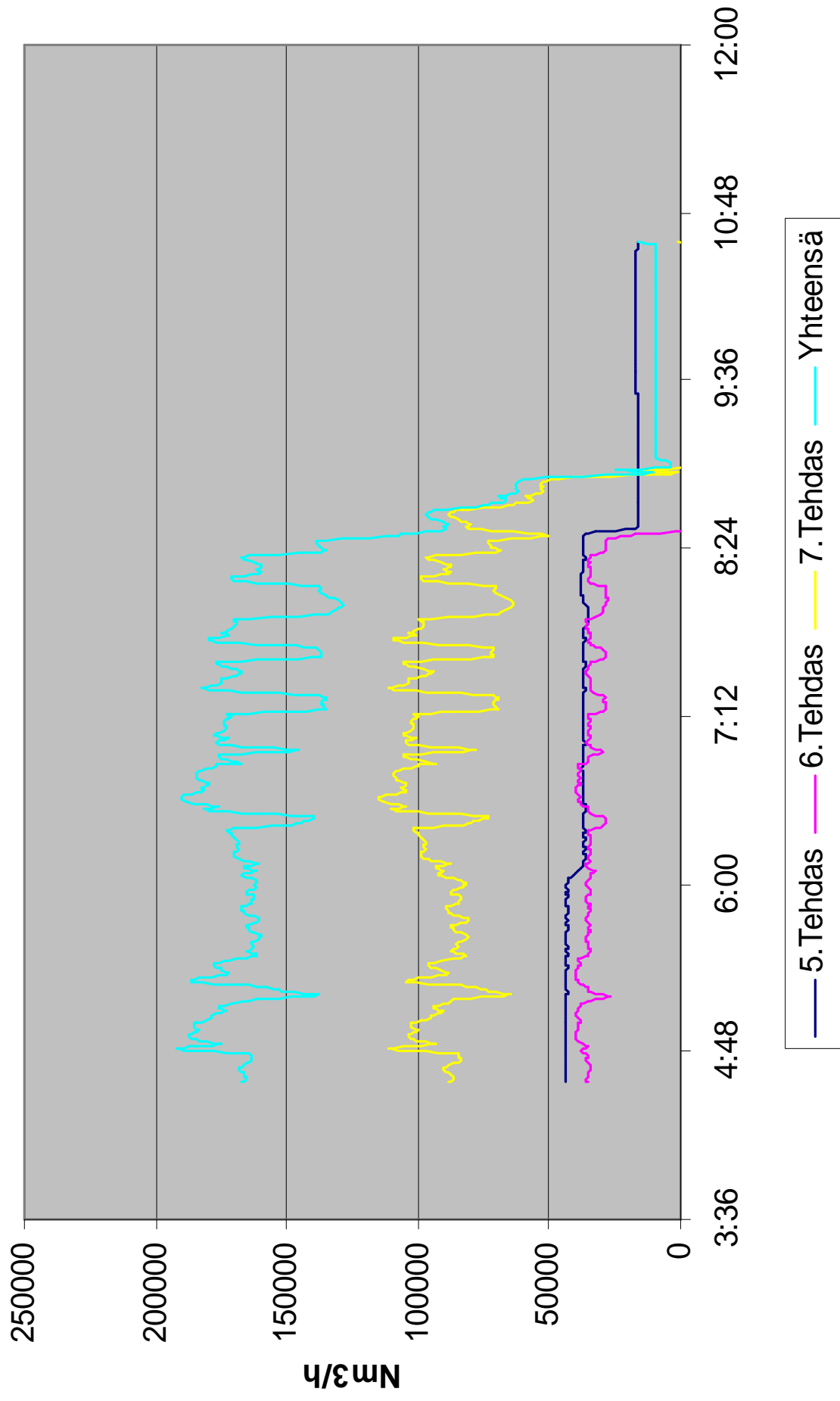


# Liite 6 (5/9): Vinoventtiilien asennot

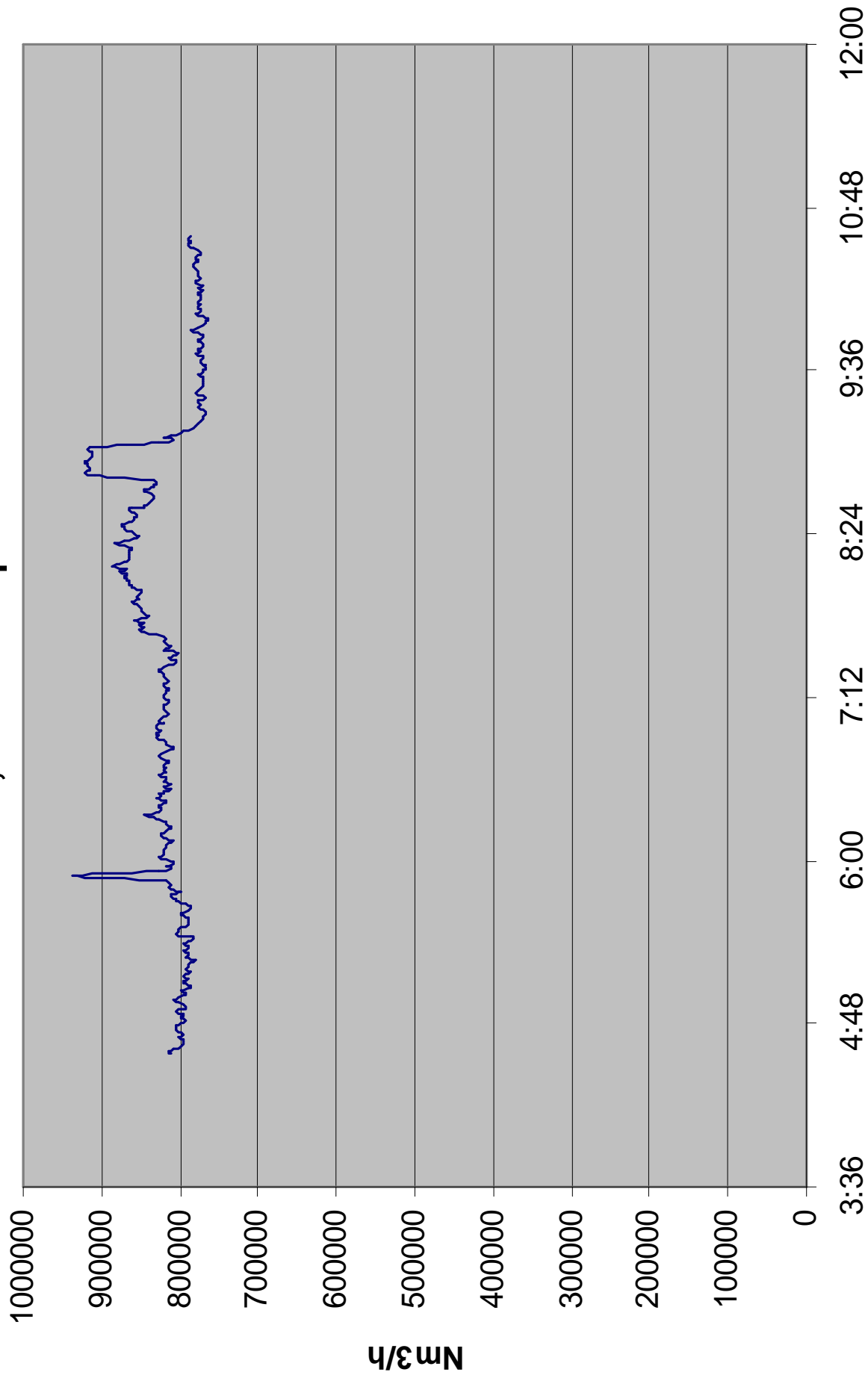
## 5.1.08 3. kuona-, 4. rikkaaksipuhalluksella



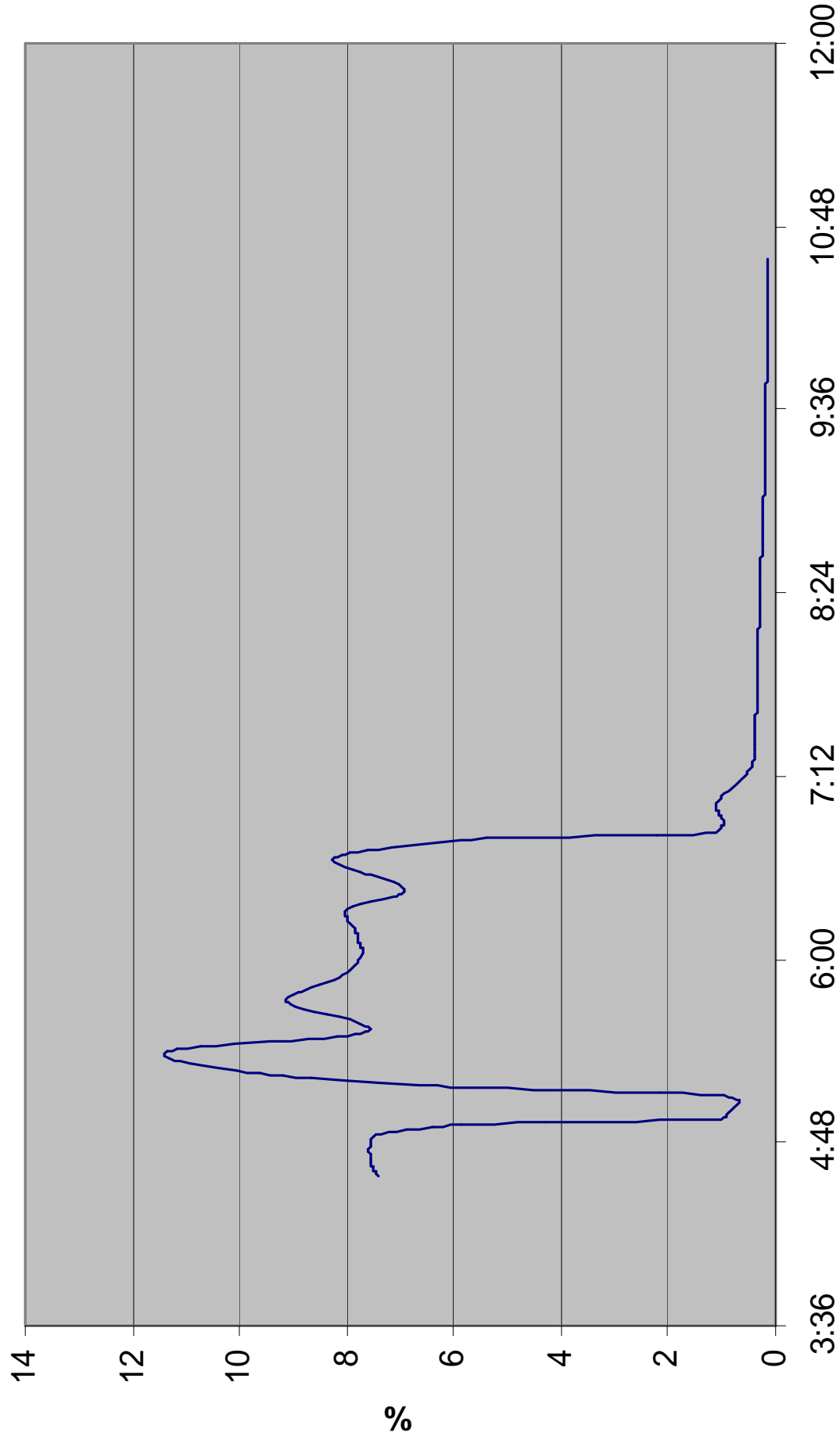
**Liite 6 (6/9): Kaasumäärät happotehtaille  
5.1.08 3 kuona-, 4 rikkaaksipuhalluksella**



**Liite 6 (7/9): 140m Piipun kaasumäärä**  
**5.1.08 3. kuona-, 4 rikkaaksipuhalluksella**



**Liite 6 (8/9): Yhteisputken SO2-pit**  
**5.1.08 3.kuona-, 4. rikkaaksipuhalluksella**



**Liite 6 (9/9): 140m piipun ja KLS-kaasun SO<sub>2</sub>-pit**  
**5.1.08 3. kuona-, 4 rikkaaksipuhalluksella**

