

**Publicaciones del Observatori de l'Ebre  
Miscelánea 43**

**OBSERVATORIO GEOMAGNÉTICO DE LA ISLA LIVINGSTON  
BOLETÍN 1999 Y CAMPAÑA 1999-2000**

***LIVINGSTON ISLAND GEOMAGNETIC OBSERVATORY  
1999 AND 1999-2000 SURVEY BULLETIN***

Por - by

**L. Gaya-Piqué<sup>1</sup>, J.M. Torta<sup>1</sup>, B.J. Casas<sup>2</sup>, J.J. Curto<sup>1</sup>,  
E. Sanclement<sup>1</sup>, J.G. Solé<sup>1</sup>, D. Altadill<sup>1</sup>, A. Ugalde<sup>1</sup>, A. De Santis<sup>3</sup>,  
E.M. Apostolov<sup>1,4</sup>, J. Merino<sup>2</sup>, L.F. Alberca<sup>1</sup>, A. García<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Observatori de l'Ebre. Centro Asociado del CSIC e Instituto Universitario de la URL. Roquetes (Tarragona).

<sup>2</sup>Instituto Geográfico Nacional. Servicio de Geomagnetismo.

<sup>3</sup>Istituto Nazionale di Geofisica. Roma.

<sup>4</sup>Institute of Geophysics. Bulgarian Academy of Sciences. Sofia.

<sup>5</sup>Departamento de Volcanología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.

OBSERVATORI DE L'EBRE  
Roquetes  
2000

## 1. INTRODUCCIÓN

En este Boletín se presentan las observaciones magnéticas registradas en el Observatorio Geomagnético de la Isla Livingston durante 1999, incluyendo la Campaña Antártica 1999-2000 (es decir, extendiéndolas hasta el 24 de Febrero de 2000). Su instalación y operación se enmarcaron en el Proyecto ANT95-0994-C03 del Programa Nacional de Investigación en la Antártida, continuadas por el Proyecto ANT98-0886. Con este propósito, durante la campaña 1995-1996 se procedió al montaje de las casetas que en la actualidad albergan la estación magnética, en la Base Antártica Española (BAE) Juan Carlos I de la Isla Livingston (Islas Shetland del Sur) y, paralelamente, a la verificación de la estación magnética así como de los equipos de medida absoluta del campo geomagnético, en el Observatorio del Ebro. Una evaluación de la homogeneidad espacial de las variaciones registradas, así como de la particular anomalía magnética en el Observatorio puede encontrarse en TORTA *et al.* (1999a).

Durante la campaña 1996-1997 se instaló el variómetro, del que se tienen registros desde el 7 de Diciembre de 1996, y se procedió a la realización de medidas absolutas. En los anteriores Boletines (TORTA *et al.*, 1997a, 1998, 1999b) se han ido resumiendo sucesivamente las medidas realizadas desde esa fecha hasta el 22 de febrero de 1999, cuando el personal científico y técnico abandonó la BAE al final de la Campaña 1998-1999 (la Base sólo permanece ocupada durante el verano Austral). El Observatorio, sin embargo, se ha dejado en registro continuo automático durante los meses de marzo a noviembre de 1997, 1998 y 1999, habiéndose podido recuperar los datos de cada uno de esos periodos al inicio de la campaña siguiente (en concreto, el 3 de Diciembre de 1999 para el último).

Los datos que se presentan a continuación pueden obtenerse dirigiéndose a:

<b>Observatori del'Ebre</b>	<b>Tel.: 977 50 05 11</b>
<b>Datos Antárticos</b>	<b>Fax: 977 50 46 60</b>
<b>43520 Roquetes (Tarragona)</b>	<b>e-mail: ebre.jmtorta@readysoft.es</b>
	<b>ebre.esancl@readysoft.es</b>

## 2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La instalación del observatorio requirió la edificación de tres casetas térmicamente aisladas y construidas con materiales amagnéticos. La zona de emplazamiento de la estación magnética fue definida después de un estudio realizado por el *Instituto Geográfico Nacional* (CASAS *et al.*, 1992) durante la campaña 1990-1991. Los resultados del levantamiento magnético efectuado mostraron que el lugar más apropiado es la zona de Punta Polaca, situada al Oeste de las instalaciones de la BAE y a unos 350 m de distancia de ellas aproximadamente. Asimismo, el lugar se encuentra suficientemente alejado del conjunto de instalaciones de la BAE para que no existan riesgos de contaminación de los registros magnéticos debido a la influencia de la Base o a efectos antropogénicos. De las tres casetas, una aloja los sensores de un magnetómetro vector, otra contiene la electrónica, y el sistema de control y adquisición de datos y la tercera alberga el magnetómetro para las medidas absolutas.

Las coordenadas del pilar fundamental son las siguientes:

<b>Latitud Geográfica</b>	<b>62° 39' 44" S</b>
<b>Longitud Geográfica</b>	<b>60° 23' 41" W</b>
<b>Latitud Geomagnética (IGRF 2000)</b>	<b>52° 21' 9" S</b>
<b>Longitud Geomagnética (IGRF 2000)</b>	<b>8° 22' 48" E</b>
<b>Altitud s.n.m.</b>	<b>19.4 m</b>

A 460m en dirección Este del pilar fundamental se clavó un jalón como marca de referencia para la determinación de la declinación. El acimut determinado entre la línea pilar-jalón y el Norte Geográfico es 90° 52' 3.66".

## 1. INTRODUCTION

In this Bulletin we give details of the magnetic observations recorded at the Livingston Island Geomagnetic Observatory during 1999, including the 1999-2000 Austral summer survey (i.e., extending them until February 24, 2000). Both its installation and operation were on behalf of the National Program for Antarctic Research Project ANT95-0994-C03, followed by the Project ANT98-0886. In order that this objective could be achieved, during the 1995-1996 survey, the magnetic observatory instrument accommodation was deployed at the Spanish Antarctic Station, Juan Carlos I (Livingston Island in the South Shetland Island group). In parallel with this work both the variometer station and the absolute observing instruments were tested and calibrated at Ebro Geomagnetic Observatory, Roquetes, Tarragona, Spain. An assessment of the spatial homogeneity of the recorded variations, as well as of the particular observatory anomaly biases are given in TORTA et al. (1999a).

Both the variometer, deployed in a set of  $\delta D/\delta I$  coils and the absolute instruments were installed during December 1996, with continuous recording and the absolute observing program beginning on December 7, 1996. In the previous Bulletins (TORTA et al., 1997a, 1998, 1999b) the measurements made between December 7, 1996 and February 22, 1999 were summarized. As this site is only manned during the Austral summer all scientific staff departs at the end of February each survey, but the magnetometers are left recording and we retrieve the data recorded throughout the winter at the beginning of the next survey season (in December 3, 1999 for the latest).

Any enquiries regarding the data should be made to:

<b>Observatori de l'Ebre</b>	
<b>Antarctic Data</b>	<b>Tel.: 34 977 50 05 11</b>
<b>43520 Roquetes (Tarragona)</b>	<b>Fax: 34 977 50 46 60</b>
<b>SPAIN</b>	<b>e-mail: ebre.jmtorta@readysoft.es</b>
	<b>ebre.esancla@readysoft.es</b>

## 2. POSITION

The installation of the observatory required the erection of three thermally isolated huts which had been prefabricated using non-magnetic materials. The location of the observatory was determined using the results of a study made by the Instituto Geográfico Nacional (CASAS et al., 1992) during the 1990-1991 field season. The results of this magnetic survey showed that the most appropriate site to be around the area named as Punta Polaca, located to the west of the Station settlement and at approximately 350 m from the main base. Located at this position, the site is far enough from the settlement to avoid man-made disturbances. One hut houses the proton magnetometer and  $\delta D/\delta I$  coils, the second contains the control electronics and the data acquisition system, and the third accommodates the D/I fluxgate theodolite for the absolute observations.

The coordinates of the absolute pillar are:

<b>Geographic latitude</b>	<b>62° 39' 44" S</b>
<b>Geographic longitude</b>	<b>60° 23' 41" W</b>
<b>Geomagnetic latitude (IGRF 2000)</b>	<b>52° 21' 9" S</b>
<b>Geomagnetic longitude (IGRF 2000)</b>	<b>8° 22' 48" E</b>
<b>Height above msl</b>	<b>19.4 m</b>

At a position 460 m to the west of the absolute pillar a fixed mark was constructed which is used as the reference mark in the determination of declination. The angle viewed from the D/I pillar between the azimuth mark and the geographic north (the azimuth of the mark) is 90° 52' 3.66".

### 3. INSTRUMENTOS Y OPERACIÓN

#### 3.1. MAGNETÓMETRO VECTOR

El instrumento principal de la estación magnética automática está constituido por un magnetómetro de protones que mide la intensidad total del campo ( $F$ ). El sensor de este magnetómetro está montado en el centro de dos conjuntos de bobinas de Helmholtz mutuamente perpendiculares orientados respectivamente según las direcciones dadas por la declinación e inclinación locales. Al aplicar corriente a esas bobinas y medir la magnitud de los vectores resultantes, pueden obtenerse los cambios en la declinación,  $D$ , y la inclinación,  $I$ ; el sistema se conoce como configuración  $\delta D/\delta I$ . La estación fue desarrollada por el *Geomagnetism Group* del British Geological Survey (BGS) en Edimburgo. Los detalles técnicos de la misma pueden encontrarse en RIDDICK *et al.* (1995), y una descripción resumida de su fundamento y operación en TORTA *et al.* (1997b).

Un PC compatible en la caseta central comunica con el magnetómetro para controlar la adquisición de datos y la conmutación de corriente en las bobinas a través de las interfases serie y paralelo estándares. Dicha caseta aloja asimismo la electrónica que permite suministrar corriente estable a las bobinas  $\delta D/\delta I$ . La sincronización de tiempo viene efectuada por un receptor GPS.

#### 3.2. MEDIDAS ABSOLUTAS

Para la realización de medidas absolutas se ha utilizado un *DI-flux* ELSEC 810A, que consta de un magnetómetro de núcleo saturado o fluxgate cuyo sensor viene montado en un teodolito amagnético Zeiss 015B. La electrónica se encuentra en la misma caseta.

El procedimiento de observación está basado en la determinación de campo nulo para la obtención de  $D$  e  $I$ . Para eliminar los errores de colimación entre el sensor y el eje óptico del teodolito, así como los debidos al "offset" de campo nulo generados por la electrónica, se realizan observaciones en las cuatro posiciones posibles para cada elemento (ver, p.e., JANKOWSKI Y SUCKSDORFF, 1996 o TORTA *et al.*, 1997b).

Para la determinación contemporánea de la intensidad total ( $F$ ), que se usa en conjunción con la inclinación ( $I$ ) medida para calcular las intensidades horizontal ( $H$ ) y vertical ( $Z$ ), se extraen los valores correspondientes de la secuencia de medidas del magnetómetro vector cuando éste mide con las bobinas sin polarizar. Para su reducción a la posición del pilar fundamental se han efectuado medidas en el mismo con un magnetómetro de precesión de protones ELSEC 820A, mientras que la  $F$  en la estación automática se obtiene con el magnetómetro Overhauser GEOMAG SM90R. Esas medidas han proporcionado una diferencia promedio de 1.2 nT ( $F$  magnetómetro vector -  $F$  pilar fundamental).

### 4. PROCESO DE LOS DATOS

El proceso de datos preliminar, realizado en las instalaciones de la BAE, incluía la detección y eventual eliminación de valores espúreos, la visualización gráfica conjunta del registro diario de las lecturas del magnetómetro vector para la detección de posibles derivas en la fuente de corriente, y la visualización de los magnetogramas, con la adopción de líneas de base preliminares.

Tras la compilación de la serie de medidas absolutas, se ha procedido a la determinación de las líneas de base definitivas según el siguiente procedimiento:

Para cada elemento  $D$ ,  $H$  y  $Z$  se han abstraído de los valores de las medidas absolutas los valores correspondientes del magnetómetro vector (diferencias o líneas de base observadas). Sobre esta serie de diferencias se ha realizado un análisis que finaliza con la obtención de las líneas de base (diferencias adoptadas). Este proceso incluye un análisis de la dispersión local y global de la serie, el descarte de los valores con diferencias superiores a un umbral, un suavizado por medio de un promedio corrido, y una interpolación por "splines". Las diferencias observadas y las correspondientes líneas de base adoptadas se ilustran en la fig. 1. Tras añadir estas últimas a las medidas del magnetómetro vector (y así trasladarlas a las referencias absolutas) se han producido los valores minuto definitivos para cada elemento. De estos valores se obtienen fácilmente los magnetogramas y las tablas de medias mensuales que se presentan a continuación.



### 3. INSTRUMENTS AND OPERATION

#### 3.1. VECTOR MAGNETOMETER

The main instrument in the automatic magnetic observatory is a proton magnetometer used to measure total field intensity ( $F$ ). This magnetometer is deployed at the centre of a pair of dual axis Helmholtz coils which are deployed parallel to the directions given by the local declination and inclination. By applying bias currents through these coils and measuring the resultant vectors, changes in declination,  $D$ , and inclination,  $I$  may be obtained; this is known as the  $\delta D/\delta I$  configuration. The equipment was developed by the Geomagnetism Group of the British Geological Survey (BGS) in Edinburgh. Its technical details are described by RIDDICK et al. (1995), and a summarized description of its principles and operation by TORTA et al. (1997b).

An IBM compatible PC in the central hut communicates with the magnetometer to control the data acquisition and bias coil switching using the standard PC serial and parallel interfaces. This hut also accommodates the electronics which generate stable currents to the  $\delta D/\delta I$  bias coils. Time synchronisation is provided by a GPS receiver.

#### 3.2. ABSOLUTE OBSERVATIONS

For the absolute measurements of declination and inclination an ELSEC 810A D/I-fluxgate theodolite is used. It comprises a single axis fluxgate magnetometer sensor element mounted on a Zeiss 015B non-magnetic theodolite with the electronics package placed in the same hut.

The D/I observation procedure is based on the null-field technique to measure  $D$  and  $I$ . To remove the errors due to the misalignment of the magnetic axis of the fluxgate and the optical axis of the theodolite, as well as those due to the zero-field offset generated by the control electronics, the observations are made in four positions for each element (see, e.g., JANKOWSKI & SUCKSDORFF, 1996 or TORTA et al., 1997b).

The total field intensity ( $F$ ) values used in conjunction with the measured inclination ( $I$ ), to calculate the horizontal ( $H$ ) and vertical ( $Z$ ) intensities, is obtained from the vector magnetometer, when it measures without polarizing the coils.  $F$  measured at the  $\delta D/\delta I$  site is corrected for the site difference between the two positions before using it in the reduction of the observations. This correction was obtained by making simultaneous measurements of  $F$  at the D/I pillar using an Elsec 820A proton magnetometer and  $F$  at the automatic observatory using the GEOMAG SM90R Overhauser magnetometer. These measurements gave a mean difference of 1.2 nT ( $F_{\text{vector magnetometer}} - F_{\text{absolute pillar}}$ ).

### 4. DATA PROCESSING

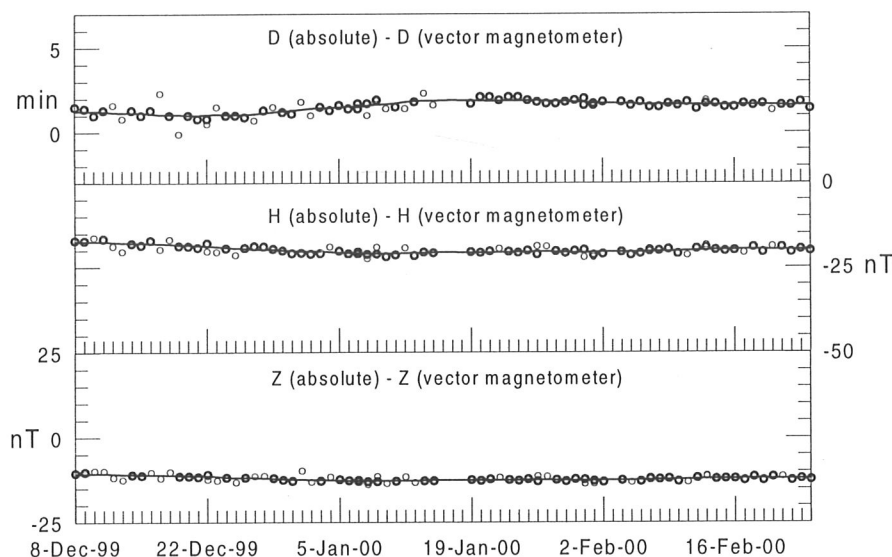
The preliminary data processing, done at the Antarctic Station, included the detection and eventual elimination of any spikes in the data, the graphical inspection of all vector magnetometer daily records to detect any drift in the current supply unit, the examination of the magnetograms, and the adoption of preliminary baselines.

After the absolute measurements had been reduced, the following procedure was adopted to allocate definitive baselines:

For each element  $D$ ,  $H$  and  $Z$ , the corresponding vector magnetometer values were subtracted from the absolute measurements (observed differences or observed baselines). To this series of differences a sequential analysis was applied towards the determination of the adopted differences or adopted baselines. This process included an analysis of both the local and global dispersion of the series, the removal of the values with differences higher than a given threshold, a smoothing by means of a running average, and an interpolation by splines. The observed differences and the corresponding adopted baselines are plotted in Figure 1. By adding the latter to the vector magnetometer values (and thus translating the vector data to the absolute references) the definitive minute values for each element were produced. From these values the magnetograms and the tables of monthly means which are presented following were obtained.

Taking into account the behaviour exhibited during the two last surveys in which absolute measurements were made, the baselines adopted for the period in between are lineal functions with the necessary slopes to pass from the adopted differences at the end of the penultimate survey to those of the beginning of the last one (Figure 2).

Teniendo en cuenta la conducta manifestada durante las dos últimas campañas en las que se han realizado medidas absolutas, las líneas de base que se han adoptado para el periodo entre ambas obedecen a funciones lineales con las pendientes necesarias para pasar de las diferencias adoptadas al final de la penúltima campaña a las del principio de la última (fig. 2).



**Fig. 1.** Diferencias observadas (círculos) y líneas de base adoptadas (líneas continuas) para los tres elementos  $D$ ,  $H$ , y  $Z$ . Los círculos en trazo fino corresponden a las diferencias descartadas antes de la adopción de la línea de base.

*Fig. 1. Observed differences (circles) and adopted base-lines (lines) for the three elements  $D$ ,  $H$ ,  $Z$ . Thin circles correspond to differences removed before the adoption of the baseline.*

## 5. PRESENTACIÓN DE LOS DATOS

Los valores medios anuales para todos los elementos del campo obtenidos hasta la publicación de este Boletín se presentan en la tabla 1. Puesto que las líneas de base adoptadas en la fig. 2 para el periodo sin medidas absolutas podrían diferir de las reales, damos en la tabla 2 las medias correspondientes únicamente a los periodos con referencias absolutas. Corresponden básicamente a las medias sobre los meses de Diciembre, Enero y Febrero de cada campaña.

Year	D	H	Z	X	Y	I	F
1997.5	14°55.5'	20522	-30040	19830	5286	-55°39.7'	36380
1998.5	14°54.7'	20465	-29976	19776	5266	-55°40.7'	36295
1999.5	14°53.5'	20415	-29910	19729	5246	-55°41.1'	36213

**Tabla 1.** Valores medios anuales para todos los elementos del campo magnético.

*Table 1. Annual mean values for all magnetic elements.*

Los datos que se presentan a continuación son:

- i) Índices  $K$ , calculados automáticamente mediante el método FMI, según una modificación del programa original (en lenguaje C) creado por P. McFadden (AGSO).  $Q$  y  $D$  indican los cinco días Internacionales de Calma y Perturbados de cada mes, respectivamente.
- ii) Tabla resumen con las medias mensuales y anual de los elementos magnéticos.
- iii) Magnetogramas diarios de la declinación ( $D$ ), intensidad horizontal ( $H$ ) e intensidad vertical ( $Z$ ), mostrados secuencialmente y por meses.
- iv) Magnetogramas diarios de la intensidad total ( $F$ ), mostrados secuencialmente y por meses.

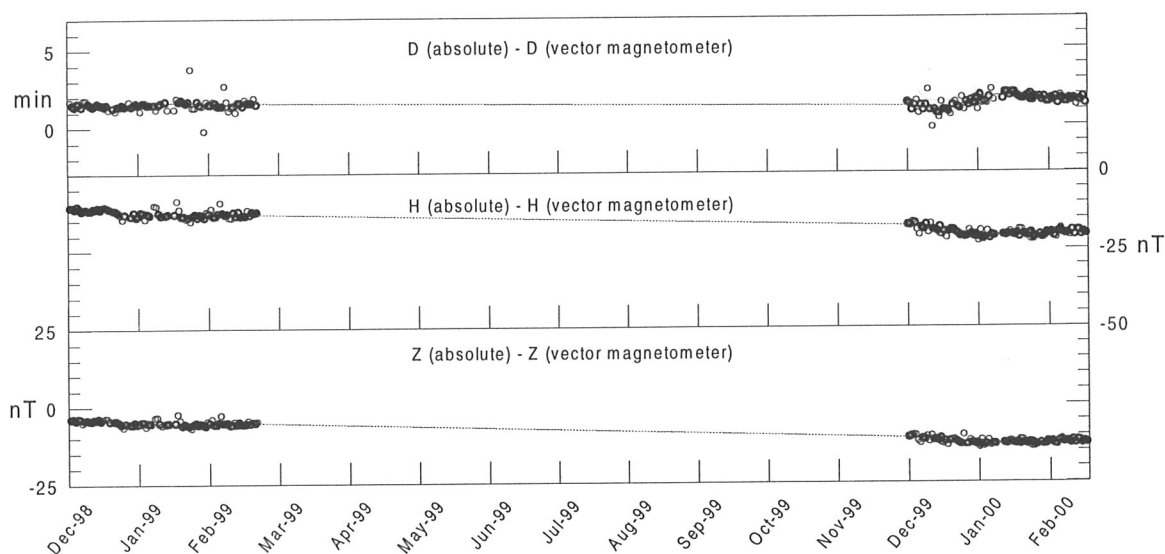


Fig. 2. Equivalente a la Fig. 1 para el periodo completo de registro desde Diciembre de 1998.

Fig. 2. As Figure 1 but for the complete recording period from December 1998.

## 5. PRESENTATION OF DATA

The annual mean values for all magnetic elements obtained until the publication of this Bulletin are presented in table 1. Since the adopted baselines of Figure 2 for the period without absolute measurements might differ from the actual ones, we give in table 2 the means corresponding to only the periods with absolute references, basically corresponding to the means over the December, January and February months of each Survey.

Year	D	H	Z	X	Y	I	F
1997.0	14°55.7'	20554	-30065	19860	5295	-55°38.5'	36419
1998.0	14°54.8'	20504	-29995	19814	5277	-55°38.6'	36334
1999.0	14°53.9'	20447	-29934	19759	5257	-55°39.9'	36250
2000.0	14°52.7'	20399	-29868	19715	5238	-55°40.1'	36169

Tabla 2. Valores medios para los periodos con referencias absolutas.

Table 2. Mean values for periods with absolute references.

The data presented following in this bulletin are:

- i) Computer-produced K indices by means of the FMI method, according to a modification of the original C-language program created by P. McFadden (AGSO). Q and D refer to the five International Quiet and Disturbed days in each month, respectively.
- ii) Table with a summary of the monthly and annual means of the magnetic elements.
- iii) Month-at-a-glance daily magnetograms of declination (D), horizontal intensity (H) and vertical intensity (Z).
- iv) Month-at-a-glance daily magnetograms of total intensity (F).

**Agradecimientos.** Estos resultados forman parte de los Proyectos ANT95-0994-C03 y ANT98-0886 de la CICYT. Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento al personal técnico y científico de la BAE durante las cinco últimas Campañas, en especial a Carlos Fernández de Gamboa por el montaje de las casetas del Observatorio y la realización de medidas absolutas durante las interfases, así como al Servicio Geográfico del Ejército por la determinación de posiciones y acimuts. El apoyo técnico recibido por parte del *Global Seismology and Geomagnetism Group* del *British Geological Survey*, especialmente por parte de John C. Riddick y Christopher W. Turbitt, ha resultado ser también fundamental.

## REFERENCIAS

- CASAS, B., AVALOS, J.A., MARÍN, V., MERINO, J. Y SOCÍAS, I., Levantamiento magnético en la isla Livingston, islas Shetland del Sur. *Geología de la Antártida Occidental*. J. LÓPEZ-MARTÍNEZ (Ed.). 241-250. Simposios T 3. III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología. Salamanca, 1992.
- JANKOWSKI, J. Y SUCKSDORFF, C., *Guide for magnetic measurements and observatory practice*. IAGA. Boulder, Colorado, 1996.
- RIDDICK, J.C., TURBITT, C.W. Y McDONALD, J., The BGS Proton Magnetometer ( $\delta D/\delta I$ ) Observatory Mark II System, Installation Guide and Technical Manual, *British Geological Survey Technical report, WM/95/32*. BGS Geomagnetism Series. Edinburgh, 1995.
- TORTA, J.M., SOLÉ, J.G., CURTO, J.J., SANCLEMENT, E., BLANCO, I., ALTADILL, D., ALBERCA, L.F. Y GARCÍA, A., *Observatorio Geomagnético de la Isla Livingston. Boletín Campaña 1996-1997*. Observatori de l'Ebre. Roquetes, Tarragona, 1997a.
- TORTA, J.M., SOLÉ, J.G., ALTADILL, D., UGALDE, A., CURTO, J.J., SANCLEMENT, E., ALBERCA, L.F. Y GARCÍA, A., Estación magnética en la Base Antártica Española Juan Carlos I. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.)*, 93, 113-121, 1997b.
- TORTA, J.M., GAYA-PIQUÉ, L., ALTADILL, D., CURTO, J.J., SANCLEMENT, E., SOLÉ, J.G., APOSTOLOV, E.M., ALBERCA, L.F. Y GARCÍA, A., *Observatorio Geomagnético de la Isla Livingston. Boletín 1997 y Campaña 1997-1998*. Observatori de l'Ebre. Miscelánea 41. Roquetes, Tarragona, 1998.
- TORTA, J.M., GAYA-PIQUÉ, L., SOLÉ, J.G., BLANCO, I. Y GARCÍA, A., *A new geomagnetic observatory at Livingston Island (South Shetland Islands): Implications for future regional magnetic surveys. Annali di Geofisica*, 42, 2, 141-151, 1999a.
- TORTA, J.M., CASAS, B.J., GAYA-PIQUÉ, L., CURTO, J.J., SANCLEMENT, E., SOLÉ, J.G., ALTADILL, D., APOSTOLOV, E.M., ALBERCA, L.F. Y GARCÍA, A., *Observatorio Geomagnético de la Isla Livingston. Boletín 1998 y Campaña 1998-1999*. Observatori de l'Ebre. Miscelánea 42. Roquetes, Tarragona, 1999b.

**Acknowledgments.** These results are part of the Research Projects ANT95-0994-C03 and ANT98-0886, CICYT, Spain. The authors would like to express their deep thanks to the technical and scientific staff at the Spanish Antarctic Station during the last five Surveys, specially to Carlos Fernández de Gamboa for the assembling of the Observatory huts and the observation of absolute measurements during the periods in between Survey Phases, and to the Servicio Geográfico del Ejército for the measurement of positions and azimuth bearings. The technical support received from the Global Seismology and Geomagnetism Group of the British Geological Survey, specially from John C. Riddick and Christopher W. Turbitt, has also turned out to be fundamental.

## REFERENCES

- CASAS, B., AVALOS, J.A., MARÍN, V., MERINO, J. & SOCÍAS, I., Levantamiento magnético en la isla Livingston, islas Shetland del Sur. *Geología de la Antártida Occidental*. J. LÓPEZ-MARTÍNEZ (Ed.). 241-250. Simposios T 3. III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología. Salamanca, 1992.
- JANKOWSKI, J. & SUCKSDORFF, C., Guide for magnetic measurements and observatory practice. IAGA. Boulder, Colorado, 1996.
- RIDDICK, J.C., TURBITT, C.W. & McDONALD, J., The BGS Proton Magnetometer ( $\delta D/\delta I$ ) Observatory Mark II System, Installation Guide and Technical Manual, British Geological Survey Technical report, WM/95/32. BGS Geomagnetism Series. Edinburgh, 1995.
- TORTA, J.M., SOLÉ, J.G., CURTO, J.J., SANCLEMENT, E., BLANCO, I., ALTADILL, D., ALBERCA, L.F. & GARCÍA, A., Observatorio Geomagnético de la Isla Livingston. *Boletín Campaña 1996-1997*. Observatori de l'Ebre. Roquetes, Tarragona, 1997a.
- TORTA, J.M., SOLÉ, J.G., ALTADILL, D., UGALDE, A., CURTO, J.J., SANCLEMENT, E., ALBERCA, L.F. & GARCÍA, A., Estación magnética en la Base Antártica Española Juan Carlos I. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.)*, 93, 113-121, 1997b.
- TORTA, J.M., GAYA-PIQUÉ, L., ALTADILL, D., CURTO, J.J., SANCLEMENT, E., SOLÉ, J.G., APOSTOLOV, E.M., ALBERCA, L.F. & GARCÍA, A., Observatorio Geomagnético de la Isla Livingston. *Boletín 1997 y Campaña 1997-1998*. Observatori de l'Ebre. Miscelánea 41. Roquetes, Tarragona, 1998.
- TORTA, J.M., GAYA-PIQUÉ, L., SOLÉ, J.G., BLANCO, I. & GARCÍA, A., A new geomagnetic observatory at Livingston Island (South Shetland Islands): Implications for future regional magnetic surveys. *Annali di Geofisica*, 42, 2, 141-151, 1999a.
- TORTA, J.M., CASAS, B.J., GAYA-PIQUÉ, L., CURTO, J.J., SANCLEMENT, E., SOLÉ, J.G., ALTADILL, D., APOSTOLOV, E.M., ALBERCA, L.F. & GARCÍA, A., Observatorio Geomagnético de la Isla Livingston. *Boletín 1998 y Campaña 1998-1999*. Observatori de l'Ebre. Miscelánea 42. Roquetes, Tarragona, 1999b.

K INDICES & DAILY K SUMS AT LIVINGSTON ISLAND (K=9 LIMIT: 450 nT) FOR 1999 & JANUARY-FEBRUARY 2000

Date	JAN1999	FEB1999	MAR1999	APR1999	MAY1999	JUN1999	JUL1999
1	1212 2232 15	Q0001 0111 4	D5432 3344 28	4422 1111 16	D4442 2233 24	1120 0111 7	1211 0132 11
2	1122 2222 14	Q1000 1111 5	5332 2232 22	1332 3231 18	D3232 2233 20	3111 1113 12	D3443 2333 25
3	Q2111 -322 -	2112 3232 16	1123 2243 18	3333 2132 20	4323 2120 17	3110 1111 9	4243 0100 14
4	2212 223 -	2222 2343 20	D3443 3344 28	4232 3234 23	1121 1011 8	2221 1112 12	Q0000 0000 0
5	--22 1213 -	3222 3332 20	5332 2321 21	3233 3110 16	1011 1221 9	1001 1121 7	Q0000 0002 2
6	3122 3334 21	2222 2333 19	2312 2135 19	4421 2111 16	2232 2102 14	1101 1100 5	3331 0222 16
7	2122 3323 18	2222 2323 18	D3444 2333 26	4331 2132 19	3431 1111 15	0110 0013 6	1100 0011 4
8	D3224 3433 24	2222 2222 16	3422 1125 20	1222 1322 15	1211 1111 9	D3443 1211 19	2102 2122 12
9	3332 2233 21	Q2111 101- -	3324 4231 22	2210 1111 9	2211 1010 8	D3420 1334 20	3110 0100 6
10	3223 2222 18	1121 1233 14	D4535 2223 26	2332 2233 20	2210 1000 6	2210 0000 5	0111 0010 4
11	2122 2222 15	D3233 4454 28	3333 3222 21	3332 2211 17	Q0000 0000 0	0011 0122 7	0121 1003 8
12	2122 2222 16	D4344 3332 26	2323 3233 21	4223 1211 16	0232 2221 14	3300 0101 8	2433 0111 15
13	D3213 4446 27	1222 1222 14	2102 3223 15	Q0001 1101 4	D3653 4221 26	3310 0021 10	1100 0000 2
14	D2234 4433 25	2112 2333 17	2312 3332 19	2232 2111 14	4332 1101 15	Q0121 0000 4	0000 0022 4
15	D3423 3333 24	4333 2222 21	3443 2112 20	Q1012 0011 6	3221 1111 12	0000 1200 3	3332 1112 16
16	3222 2223 18	2212 1111 11	Q1012 1111 8	1102 2234 15	Q2111 0100 6	0022 0012 7	Q1111 1100 6
17	3111 1211 11	D2334 3333 24	1102 2212 11	D7664 2211 29	Q0001 1010 3	2221 1001 9	Q1000 0000 1
18	0011 2333 13	D5556 6444 39	2212 2221 14	2211 2110 10	D3353 3232 24	0221 1113 11	0121 0100 5
19	Q2122 0112 11	D4544 5433 32	1022 2122 12	1223 2223 17	3322 2224 20	2110 0100 5	Q2011 0100 5
20	1212 2344 19	Q1101 3-32 -	Q1101 1211 8	D4444 4322 27	2221 1212 13	Q0000 0100 1	1100 1210 6
21	2213 3222 17	1100 0223 9	0122 2121 11	2232 1232 17	3211 0100 8	Q0000 0000 0	D2132 1321 15
22	2112 3343 19	3232 1112 15	Q1000 1211 6	Q210- --10 -	Q1210 0000 4	Q0000 0101 2	D2453 3332 25
23	D2333 2445 26	2332 --11 -	1012 2222 12	Q---- 2110 -	2112 3110 11	1122 1002 9	4422 2221 19
24	3333 2332 22	2123 3322 18	Q1212 1010 8	3312 1110 12	2322 1123 16	1111 1010 6	3212 2122 15
25	3223 --22 -	2422 1221 16	1012 1332 13	Q0011 1112 7	D4444 2112 22	1100 0000 2	3322 1122 16
26	Q2112 1022 11	Q0011 2111 7	1122 2100 9	1012 2122 11	3210 1211 11	D1343 2332 20	2122 1111 11
27	3222 2323 19	2122 1111 11	Q1110 0011 5	1223 1134 17	1322 1013 13	D2222 3343 21	2221 0000 7
28	1223 3221 16	0122 2446 21	1121 2111 10	D3334 2236 26	3222 1022 14	D2552 1111 18	1122 0123 12
29	2122 3222 16		D3344 5333 28	D3323 3336 26	2100 0110 5	2222 2110 12	3311 0102 11
30	Q2122 1221 13		3344 3333 26	D6443 2224 27	0000 1120 4	Q0000 0000 0	D3233 3255 26
31	Q1211 2111 10		4322 3125 22		Q0000 0001 1		D5441 1124 22
Mean K sum	17.7	17.6	17.1	16.8	12.0	8.6	11.0
Date	AUG1999	SEP1999	OCT1999	NOV1999	DEC1999	JAN2000	FEB2000
1	5310 0000 9	3542 3223 24	3211 2221 14	3233 2221 18	2112 1133 14	D5533 3343 29	2122 2223 16
2	Q1231 1120 11	3331 2221 17	2342 2123 19	3222 1222 16	2111 2223 14	3332 2333 22	3112 2222 15
3	Q3110 0111 8	1433 3222 20	2222 1212 14	3121 1122 13	3334 23-- -	3323 2332 20	2232 2333 19
4	3432 1100 14	3332 2222 19	2443 2234 24	Q3221 1212 14	D---- - - - -	2233 3333 22	Q2111 2223 14
5	2211 1013 11	Q2312 2112 14	3323 3324 23	1101 0223 10	D---- - - - -	3332 2233 21	2002 2445 19
6	2222 2223 17	Q1121 0111 8	Q1122 2111 11	3122 1332 17	D---- - - - -	2223 3333 21	D3434 4345 30
7	3322 1113 16	1134 2235 21	Q2322 1121 14	D3445 5333 30	---- - - - -	3222 2232 18	D4233 4233 24
8	2001 1123 10	Q3111 2214 15	2222 3111 14	D4334 4344 29	3233 2333 22	Q2111 1221 11	4323 2333 23
9	4444 3110 21	4322 3121 18	1121 1223 13	D4333 4343 27	232- -233 -	Q2111 0211 9	1232 2331 17
10	Q0000 1111 4	2343 3233 23	D2444 4433 28	2223 2333 20	2222 2333 19	2111 1234 15	2222 2223 17
11	3201 1011 9	6421 2111 18	4343 3334 27	D4443 2334 27	2133 3201 15	D2224 2455 26	3432 2234 23
12	2243 2012 16	D4334 3344 28	D5435 5434 33	2212 2233 17	2312 2343 20	3232 1223 18	D5556 5443 37
13	3441 1012 16	D5643 3334 31	4333 3334 26	D4332 3355 28	D3454 3332 27	3222 2113 17	3233 3333 23
14	Q1112 1111 9	4453 2222 24	D4333 3334 26	2232 1223 17	Q2111 02-- -	3111 2332 16	D3444 4434 30
15	1122 3232 16	3345 3221 23	5544 3332 29	Q2121 1221 12	2111 1133 13	2111 2222 13	3321 2224 19
16	2244 4343 26	D3554 3333 29	4424 3333 26	1234 3323 21	2221 -223 -	2122 2223 16	2312 2222 16
17	D5443 2232 25	3222 4342 22	5454 3312 27	3233 3332 22	2322 2222 17	Q2011 1111 8	Q1112 2221 12
18	D4443 4322 26	2323 3310 17	1212 2222 14	3233 2334 23	2122 -333 -	Q1111 1221 10	Q0001 2111 6
19	3343 3233 24	2212 3112 14	Q3232 0011 12	2321 1233 17	1113 3211 13	1121 1233 14	Q1113 1122 12
20	D3555 4334 32	2121 2122 13	Q1112 1122 11	3223 1112 15	1122 1112 11	3233 2332 21	Q0122 1124 13
21	Q2111 2111 10	2121 3123 15	4522 1235 24	2232 1343 20	Q2111 2222 13	Q1101 11-- -	4433 4--3 -
22	1122 2224 16	D3222 4356 27	D7674 3443 38	4314 3212 20	Q1110 1121 8	2322 3344 23	2311 3212 15
23	D6443 3323 28	6531 1111 19	D4423 4433 27	2343 2244 24	Q1011 1-33 -	D6433 3321 25	2113 4422 19
24	D4434 4324 28	Q2221 1111 11	4343 3334 27	3335 3232 24	3343 2233 23	1233 2332 19	D2544 ---- -
25	1200 1223 11	Q2101 1011 7	3333 3321 21	3235 3333 25	2332 3323 21	2212 1221 13	
26	2411 3233 19	1011 2444 17	2212 2222 15	Q1121 2100 8	Q2010 1213 10	2321 2222 16	
27	4432 2222 21	D5344 4444 32	3433 2222 21	Q0111 2112 9	4321 12-1 -	2222 2454 23	
28	3233 2233 21	4343 3335 28	1221 3333 18	3333 2333 23	2212 2233 17	D4444 3334 29	
29	3231 1222 16	4443 2323 25	2221 1122 13	Q2222 1112 13	3211 12-3 -	D4333 3334 26	
30	2334 2324 23	4443 2222 23	Q1112 3112 12	3233 3233 22	1133 1345 21	3232 3332 21	
31	4433 2234 25		1223 2223 17		D4344 4344 30	2222 2-32 -	
Mean K sum	17.4	20.1	20.6	19.4	17.3	18.7	19.0

OCURRENCE DISTRIBUTION OF K INDICES

K index:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-
JAN1999	4	46	112	63	15	1	1	0	0	0	6
FEB1999	15	53	78	46	19	6	3	0	0	0	4
MAR1999	18	62	77	60	22	9	0	0	0	0	0
APR1999	18	67	72	50	20	0	5	1	0	0	7
MAY1999	56	78	67	32	12	2	1	0	0	0	0
JUN1999	90	81	41	20	6	2	0	0	0	0	0
JUL1999	76	70	54	33	11	4	0	0	0	0	0
AUG1999	24	59	66	56	37	5	1	0	0	0	0
SEP1999	5	53	68	62	37	11	4	0	0	0	0
OCT1999	2	45	78	72	39	9	1	2	0	0	0
NOV1999	5	41	77	88	23	6	0	0	0	0	0
DEC1999	6	56	67	61	13	2	0	0	0	0	43
1999 TOTAL	319	711	857	643	254	57	16	3	0	0	60
JAN2000	3	50	93	77	16	5	1	0	0	0	3
FEB2000	6	31	68	45	28	7	1	0	0	0	6

## DECLINATION EAST D=14 DEGREES PLUS TABULAR QUANTITIES (UNITS 0.1 MINUTES)

	1999												2000		
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN	JAN	FEB*
ALL	541	536	540	537	534	531	532	533	537	538	536	522	535	528	530
QUIET	535	534	537	536	535	531	531	532	535	535	530	517	532	523	523
DISTURBED	554	539	539	532	532	530	529	533	540	539	545	522	536	533	542

## HORIZONTAL INTENSITY H=20000 nT PLUS TABULAR QUANTITIES (UNITS nT)

	1999												2000		
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN	JAN	FEB*
ALL	444	438	426	420	422	421	413	402	392	388	399	410	415	398	388
QUIET	444	440	431	426	425	422	419	407	398	401	408	410	419	403	390
DISTURBED	437	425	418	406	415	416	403	389	385	367	383	397	403	391	375

## VERTICAL INTENSITY Z=-29500 nT PLUS TABULAR QUANTITIES (UNITS nT)

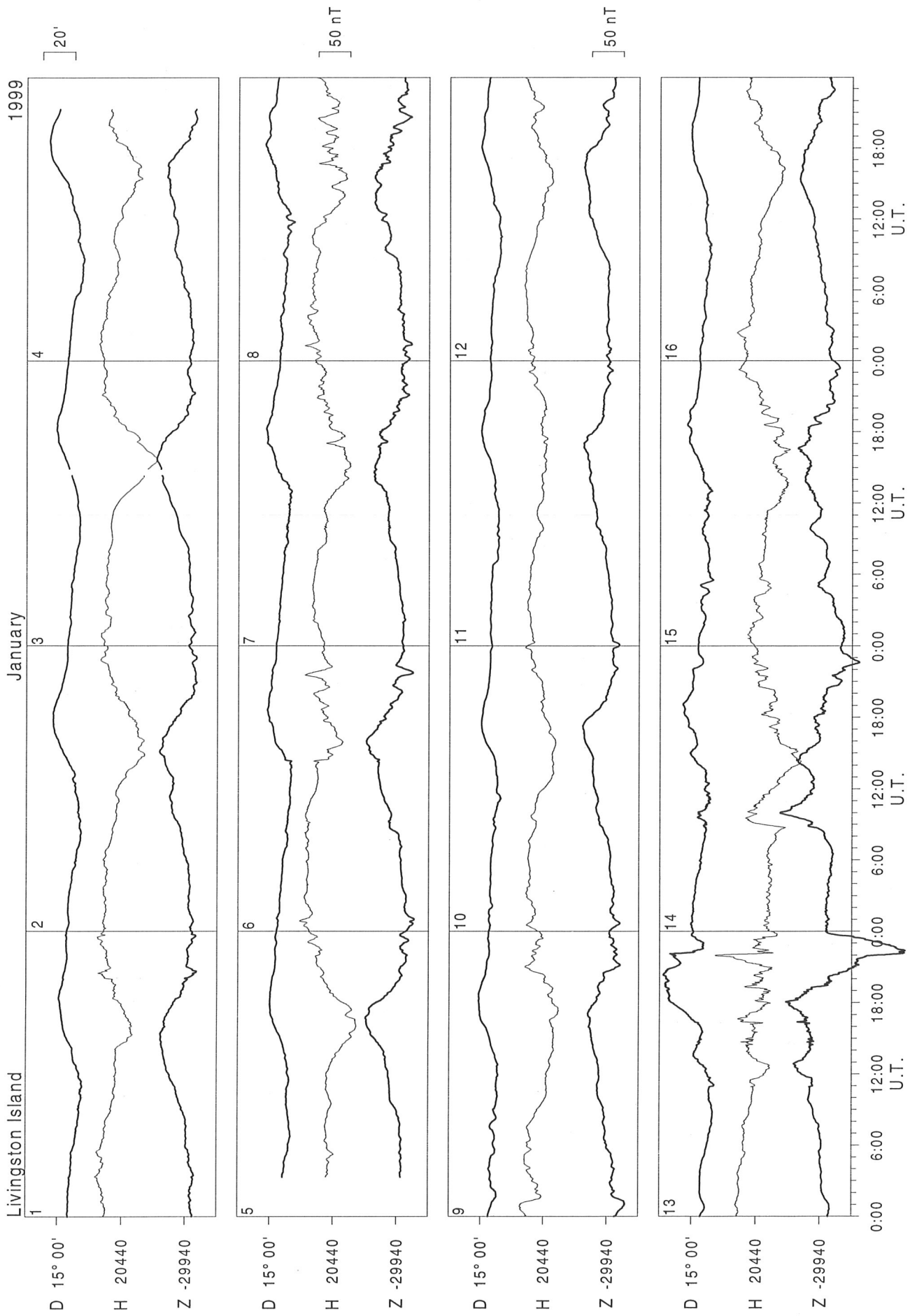
	1999												2000		
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN	JAN	FEB*
ALL	-435	-428	-431	-426	-421	-412	-407	-404	-401	-396	-388	-371	-410	-368	-367
QUIET	-433	-431	-429	-425	-420	-410	-407	-407	-403	-395	-384	-370	-410	-365	-366
DISTURBED	-440	-426	-433	-426	-419	-409	-405	-402	-399	-392	-390	-369	-409	-372	-368

## TOTAL INTENSITY F=36000 nT PLUS TABULAR QUANTITIES (UNITS nT)

	1999												2000		
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN	JAN	FEB*
ALL	250	241	237	229	225	218	209	200	193	186	186	178	213	169	162
QUIET	248	244	238	232	227	217	213	206	198	193	187	177	215	169	162
DISTURBED	250	232	233	221	220	213	202	192	187	171	178	169	206	168	156

\* The monthly mean values for February 2000 are computed until the 24<sup>th</sup>



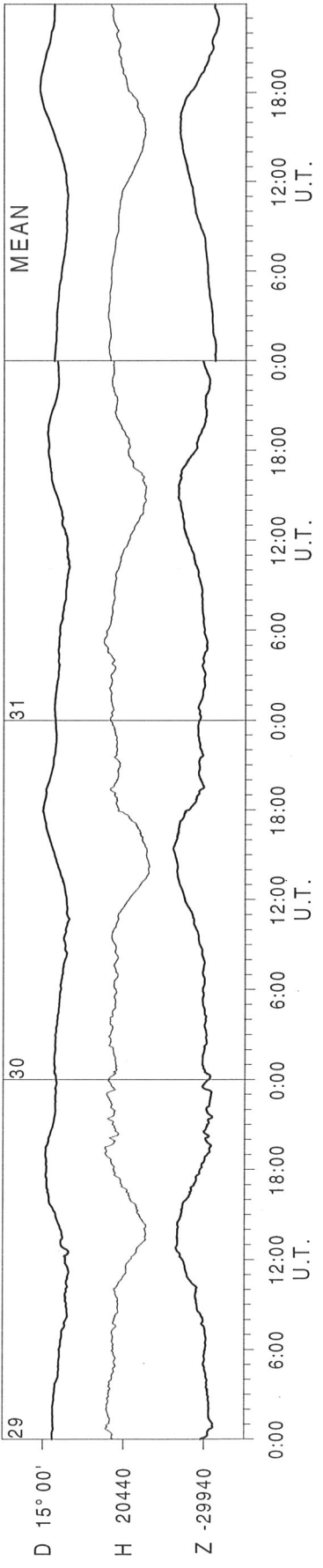
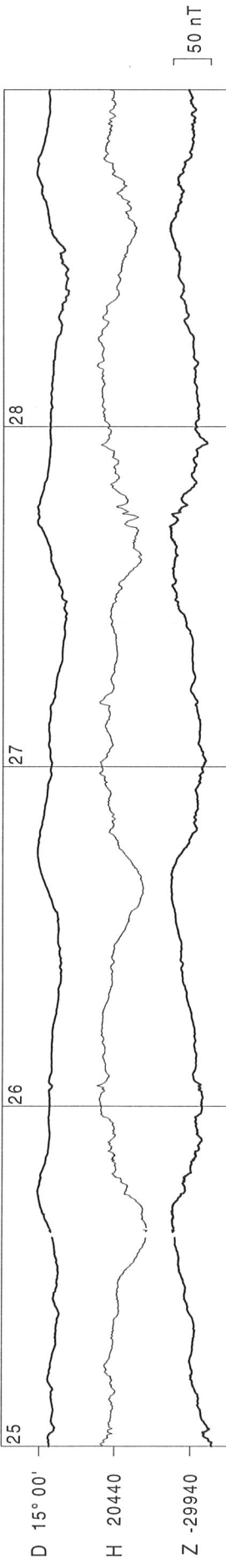
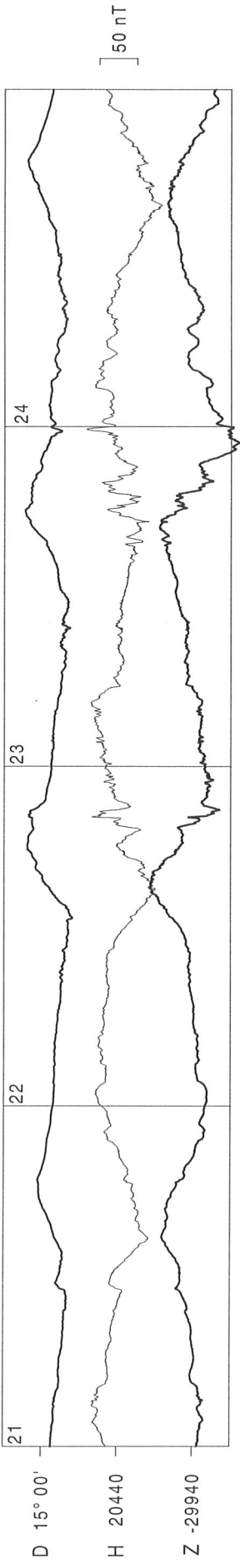
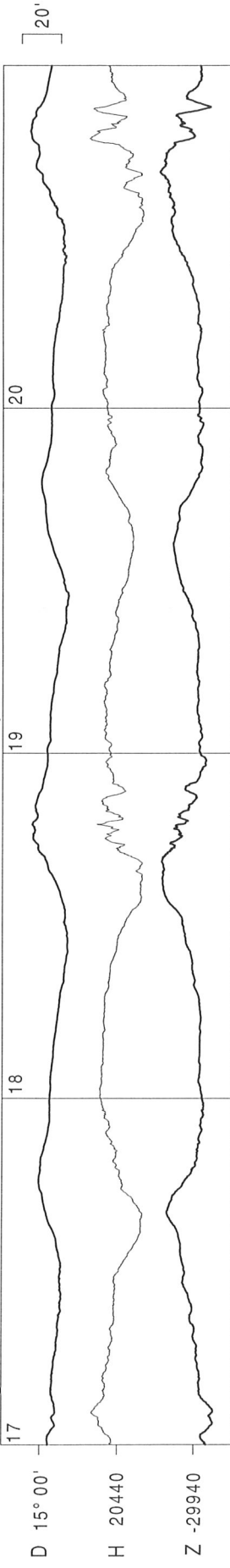


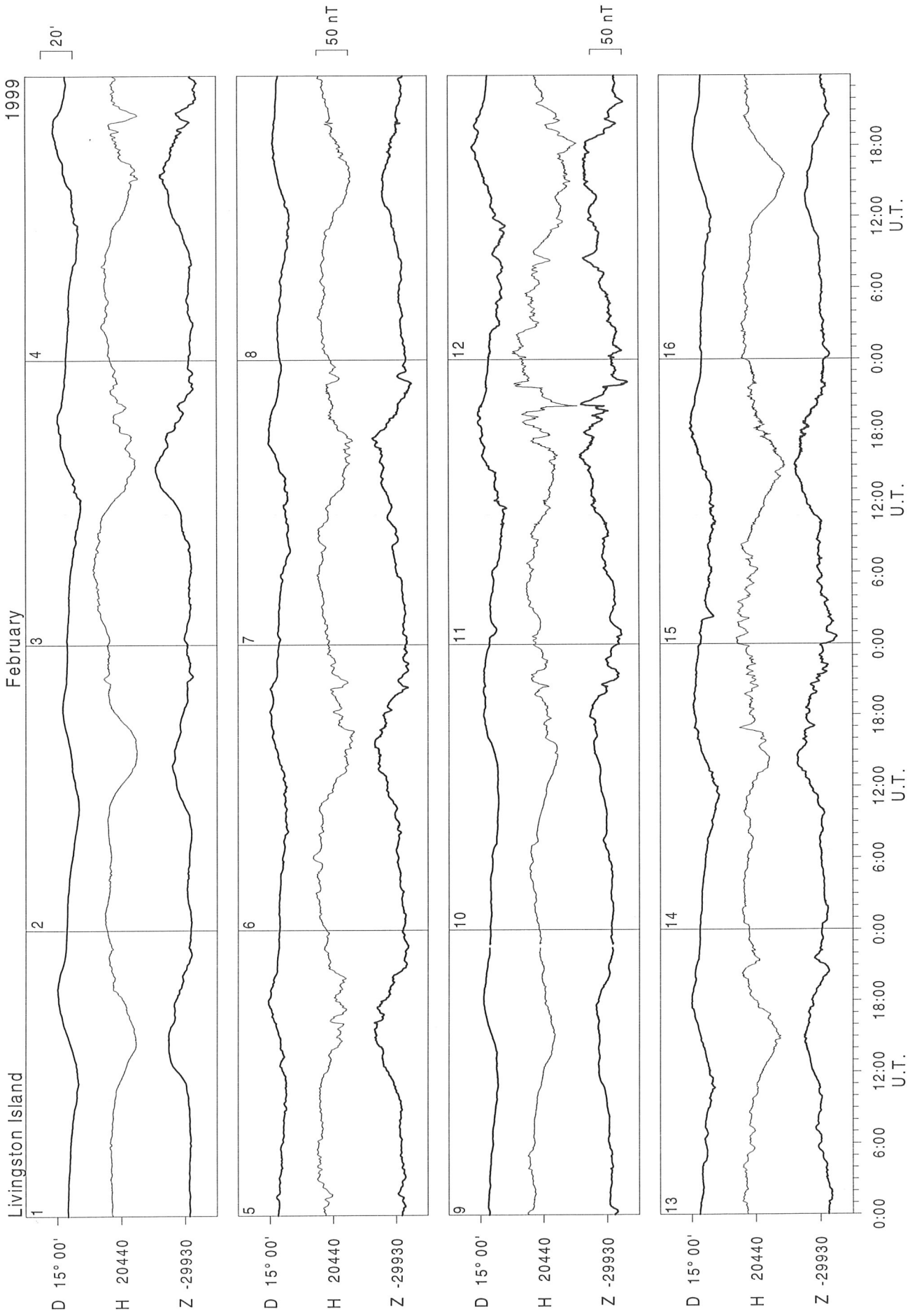


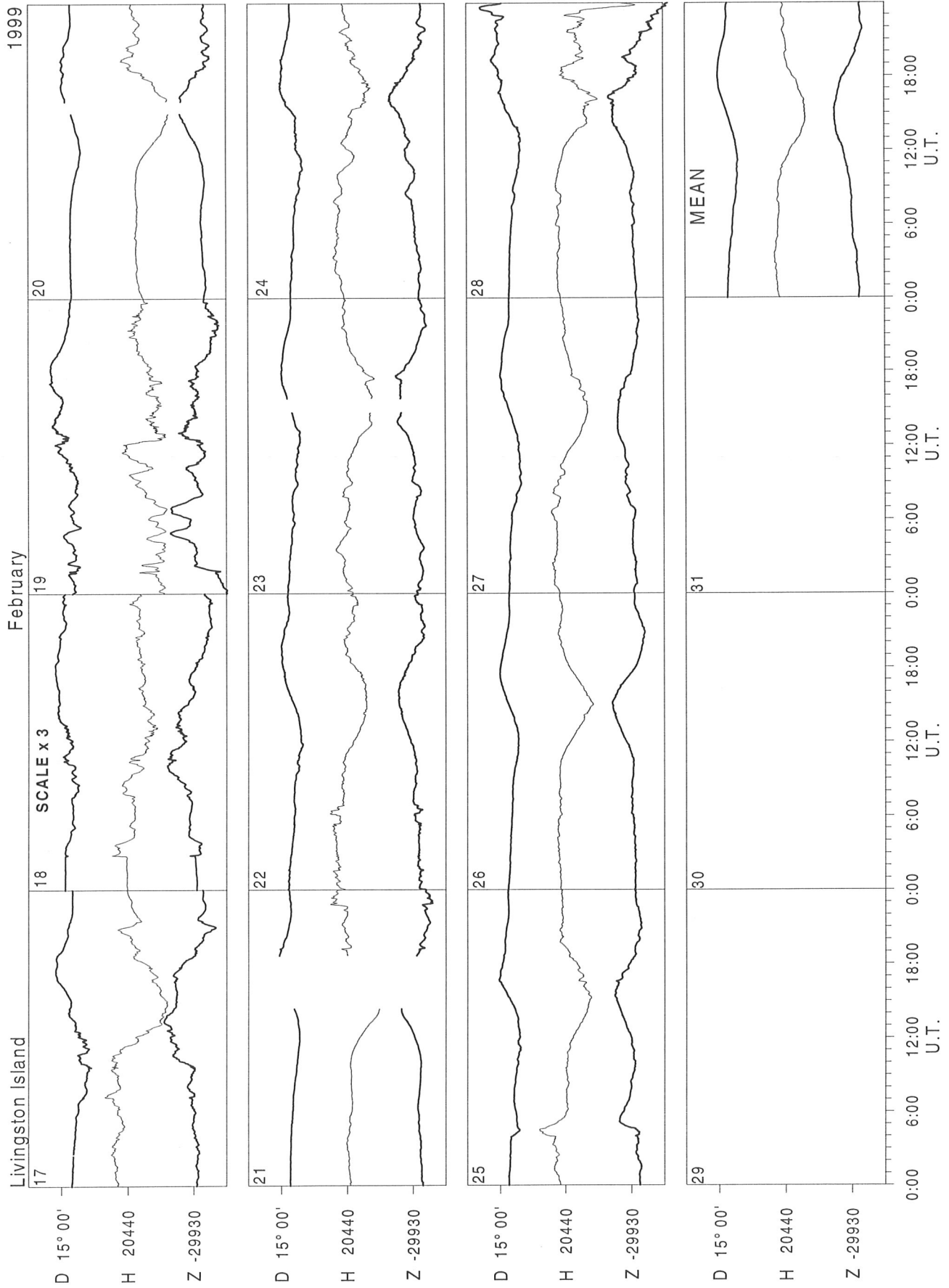
Livingston Island

January

1999

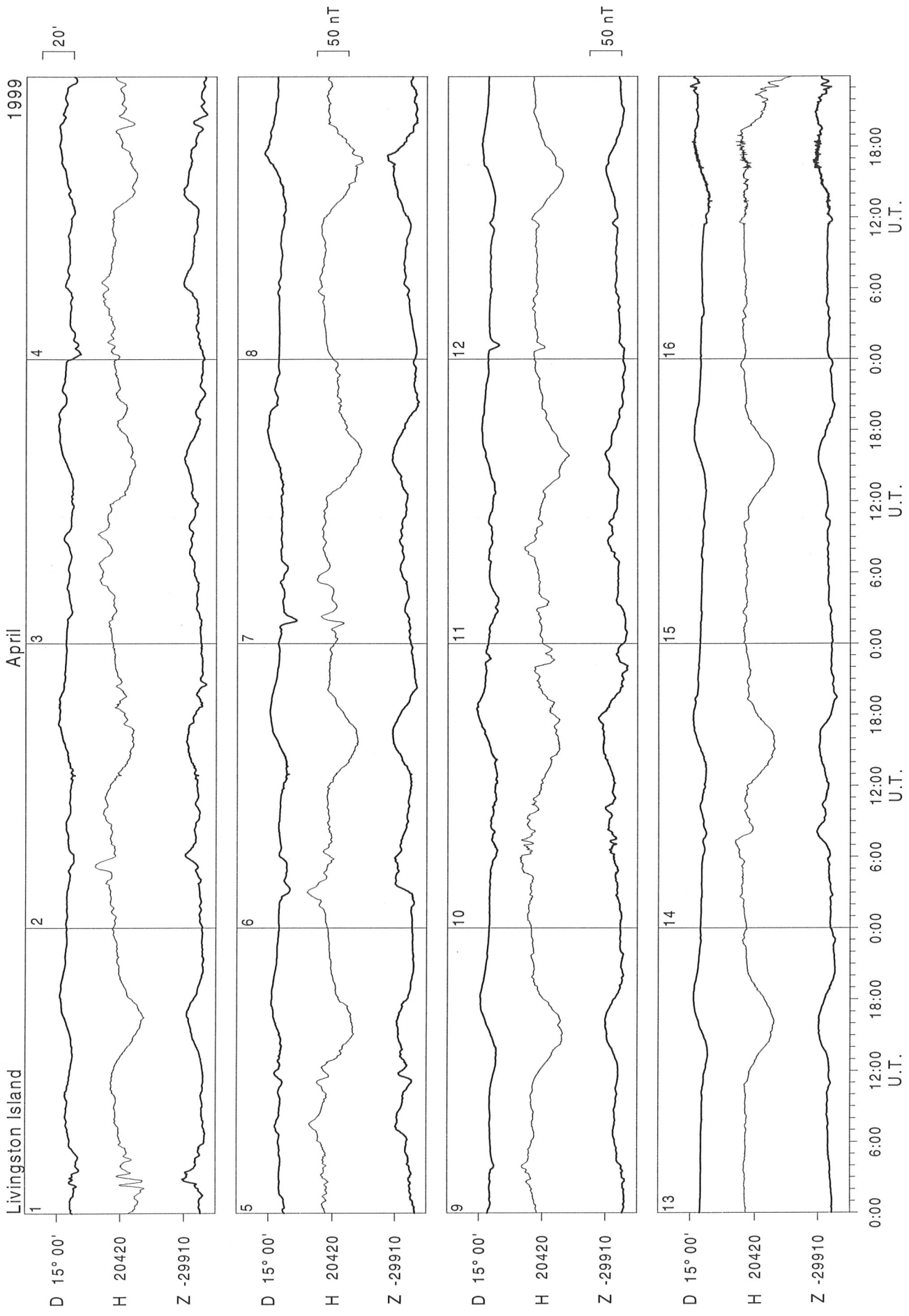


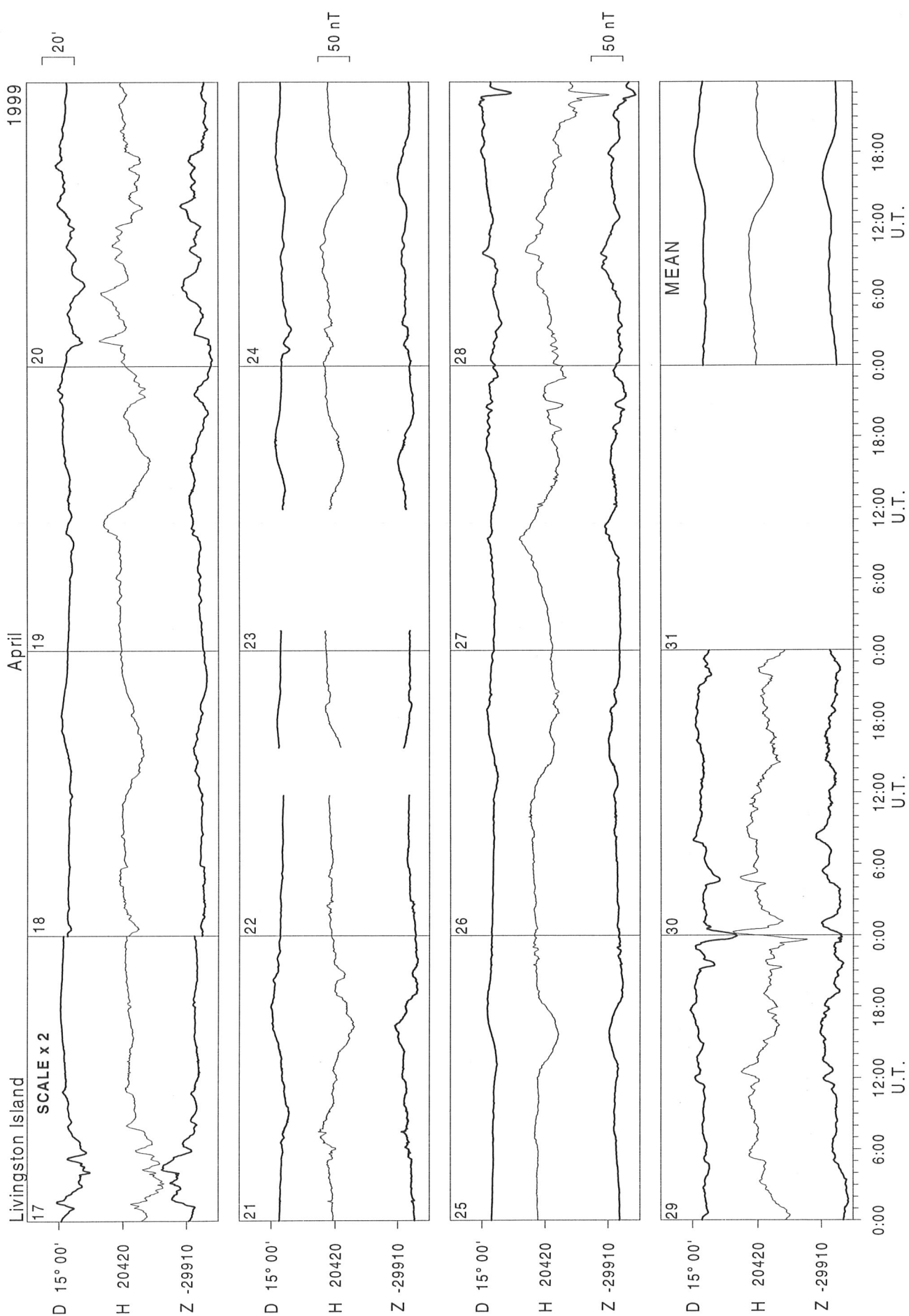


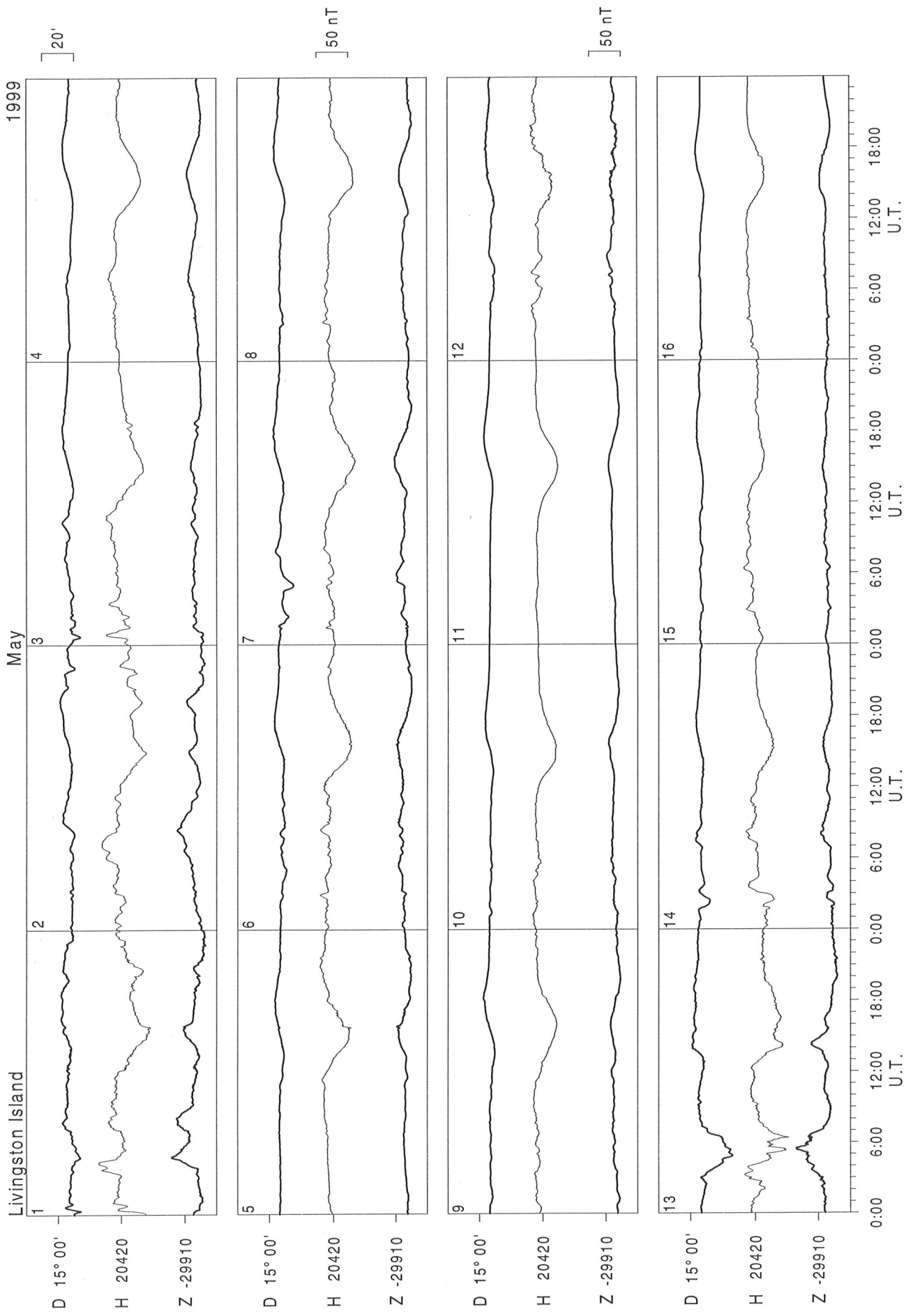




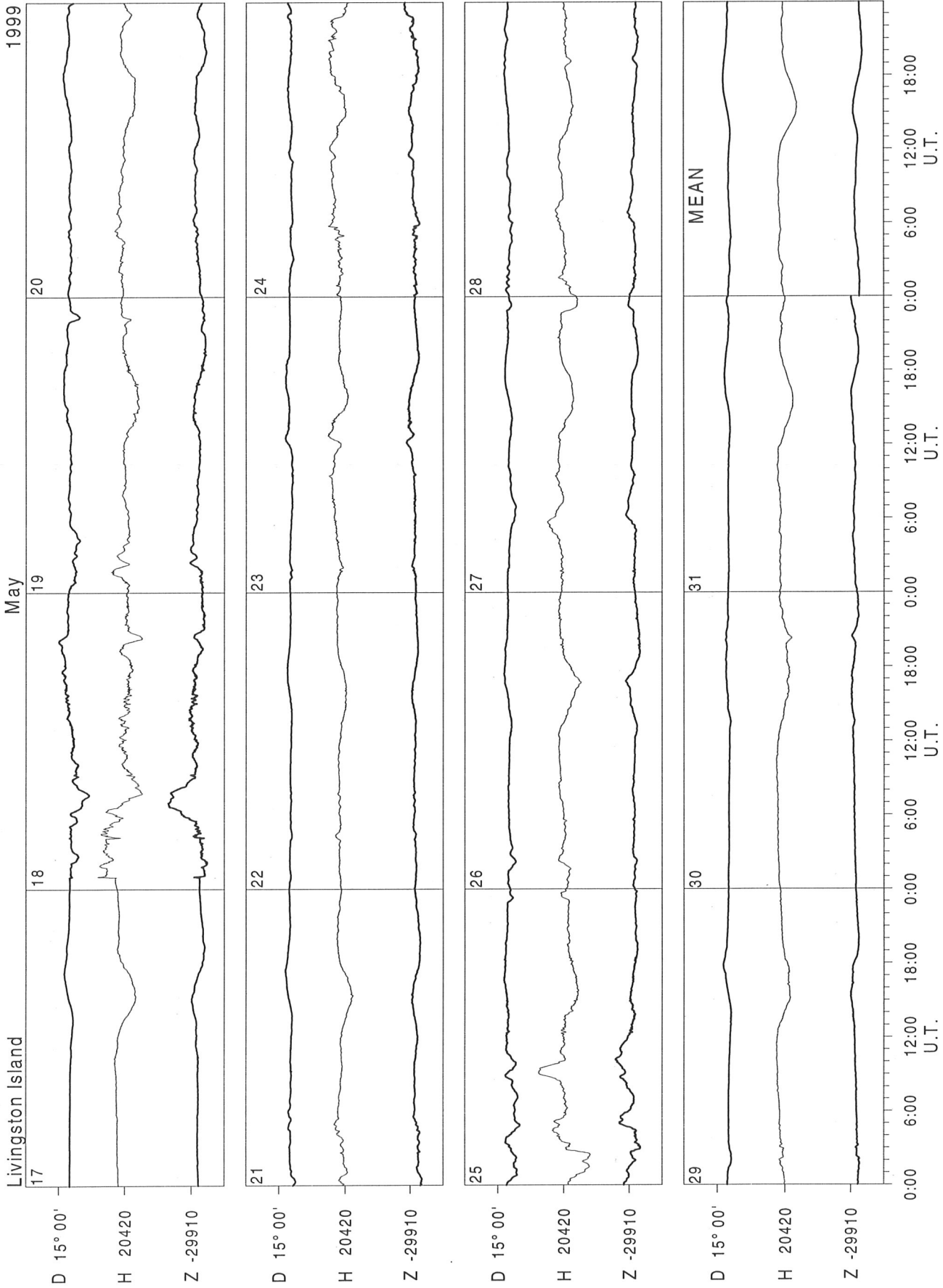


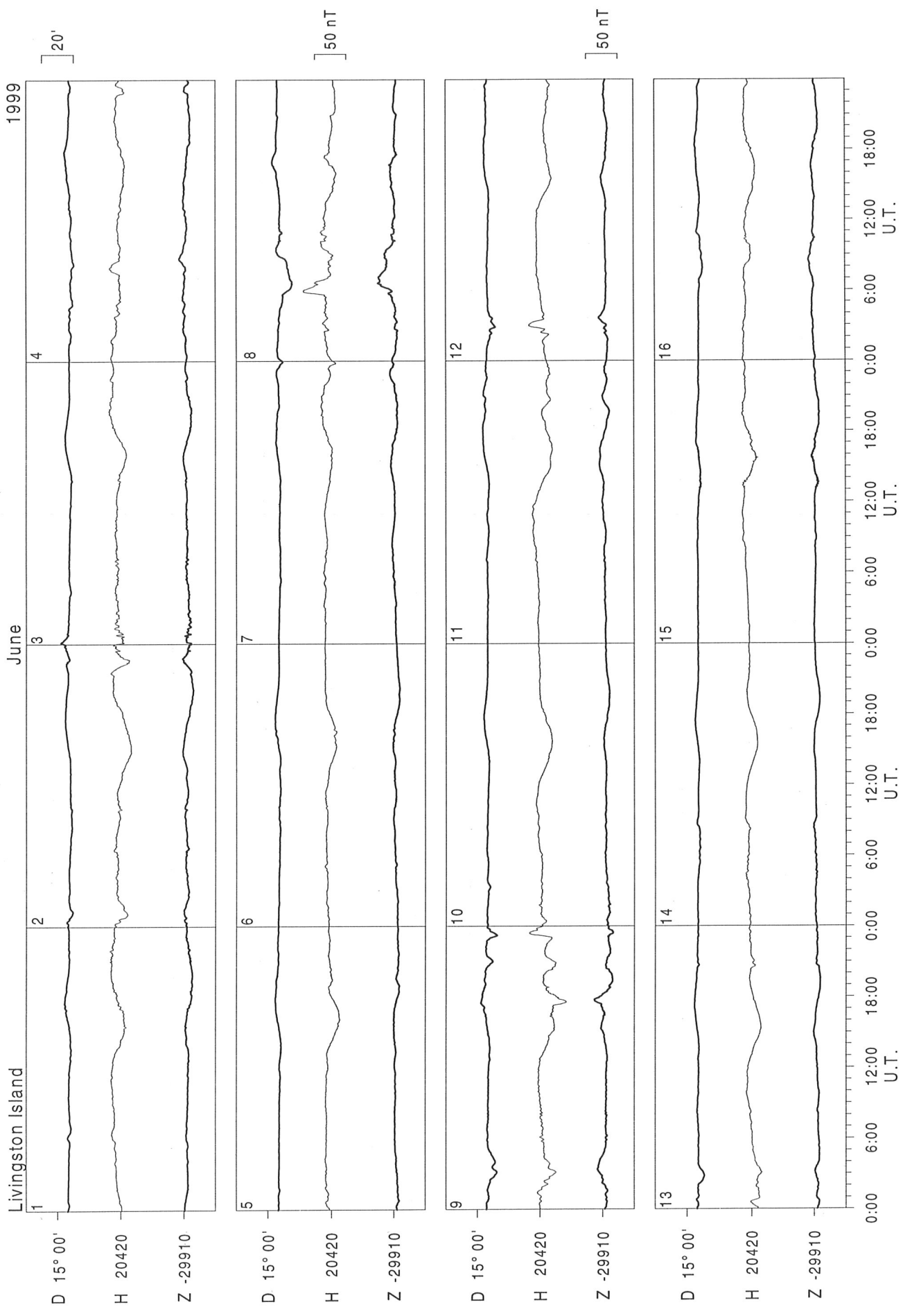


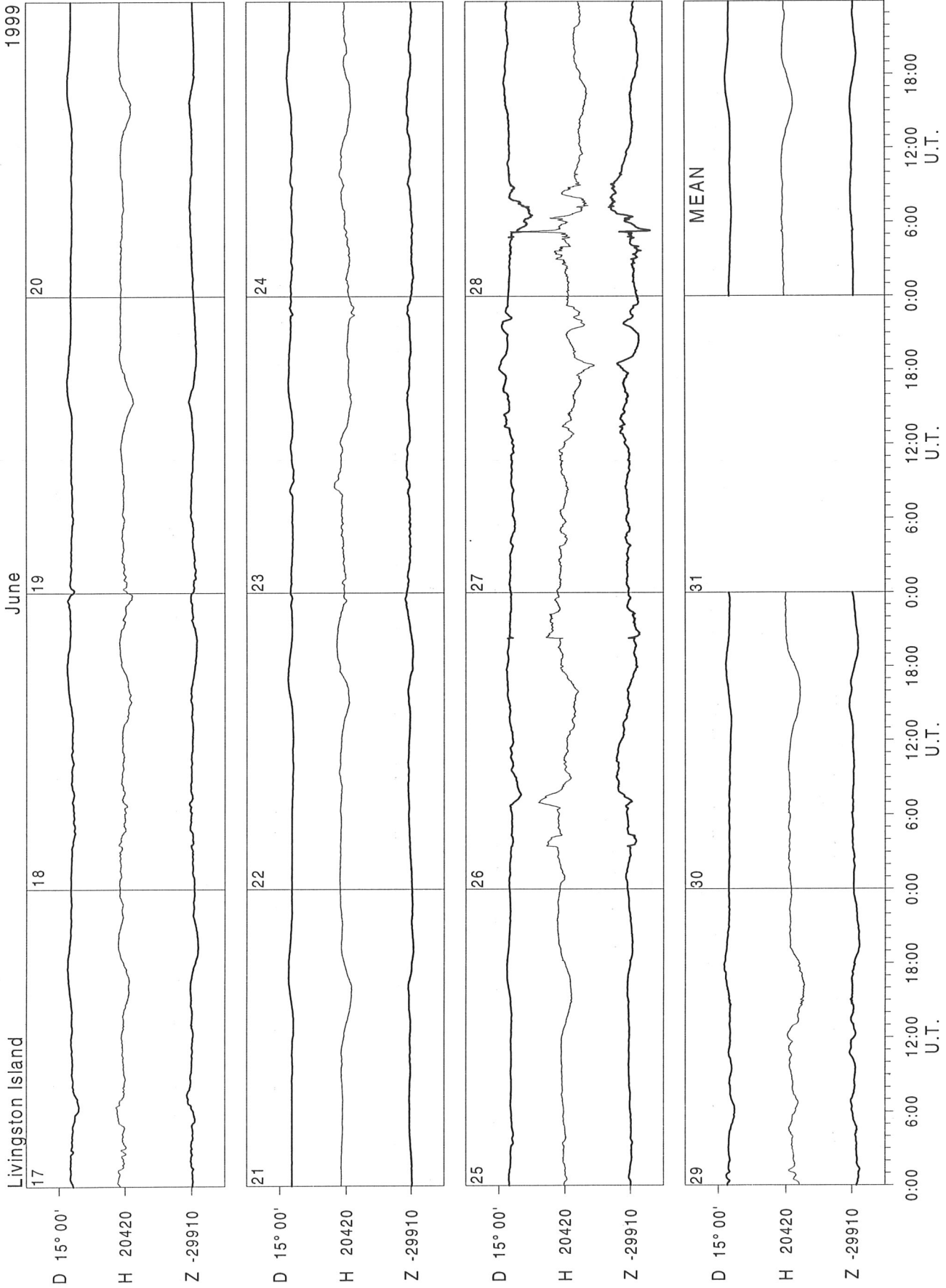


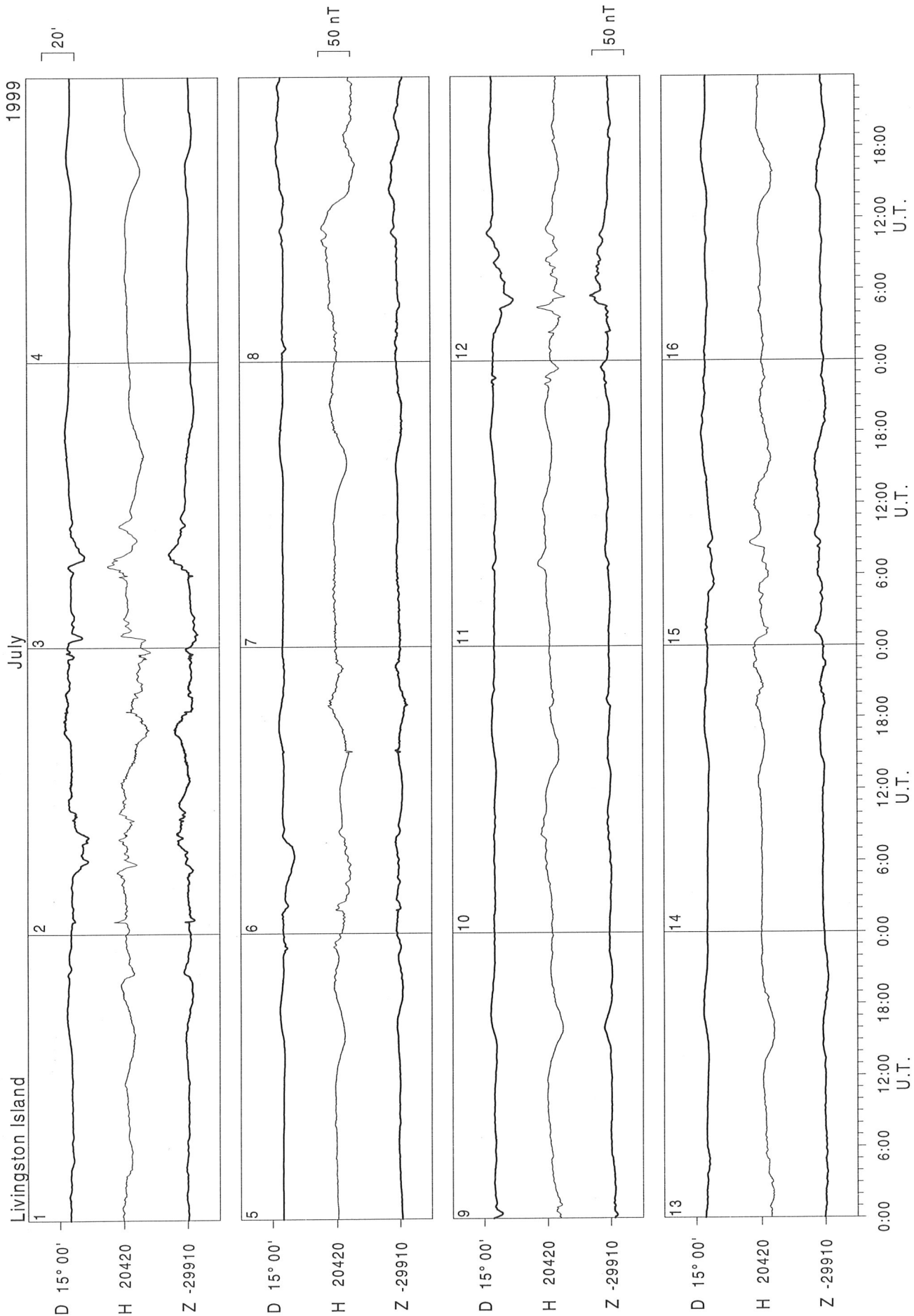


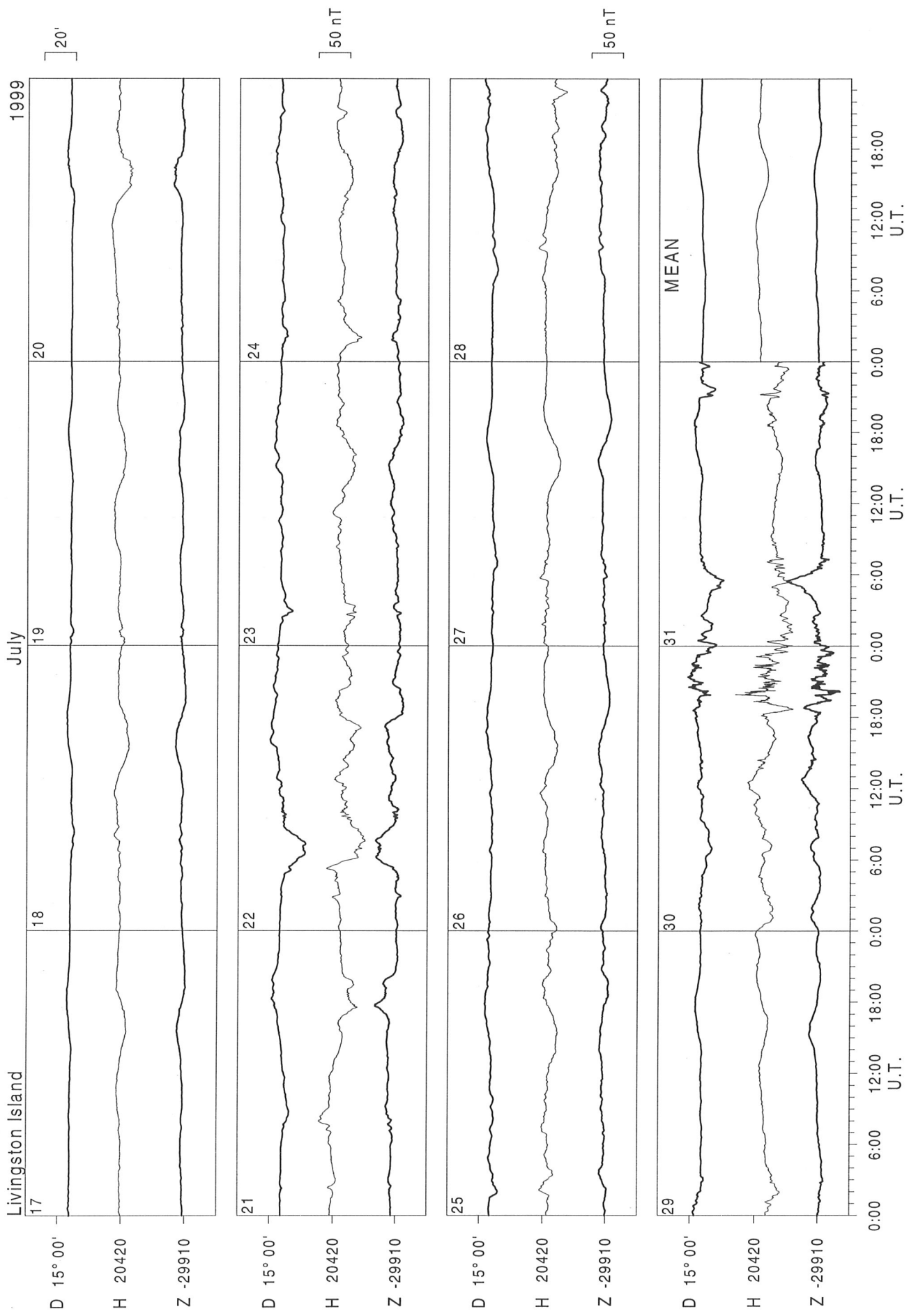


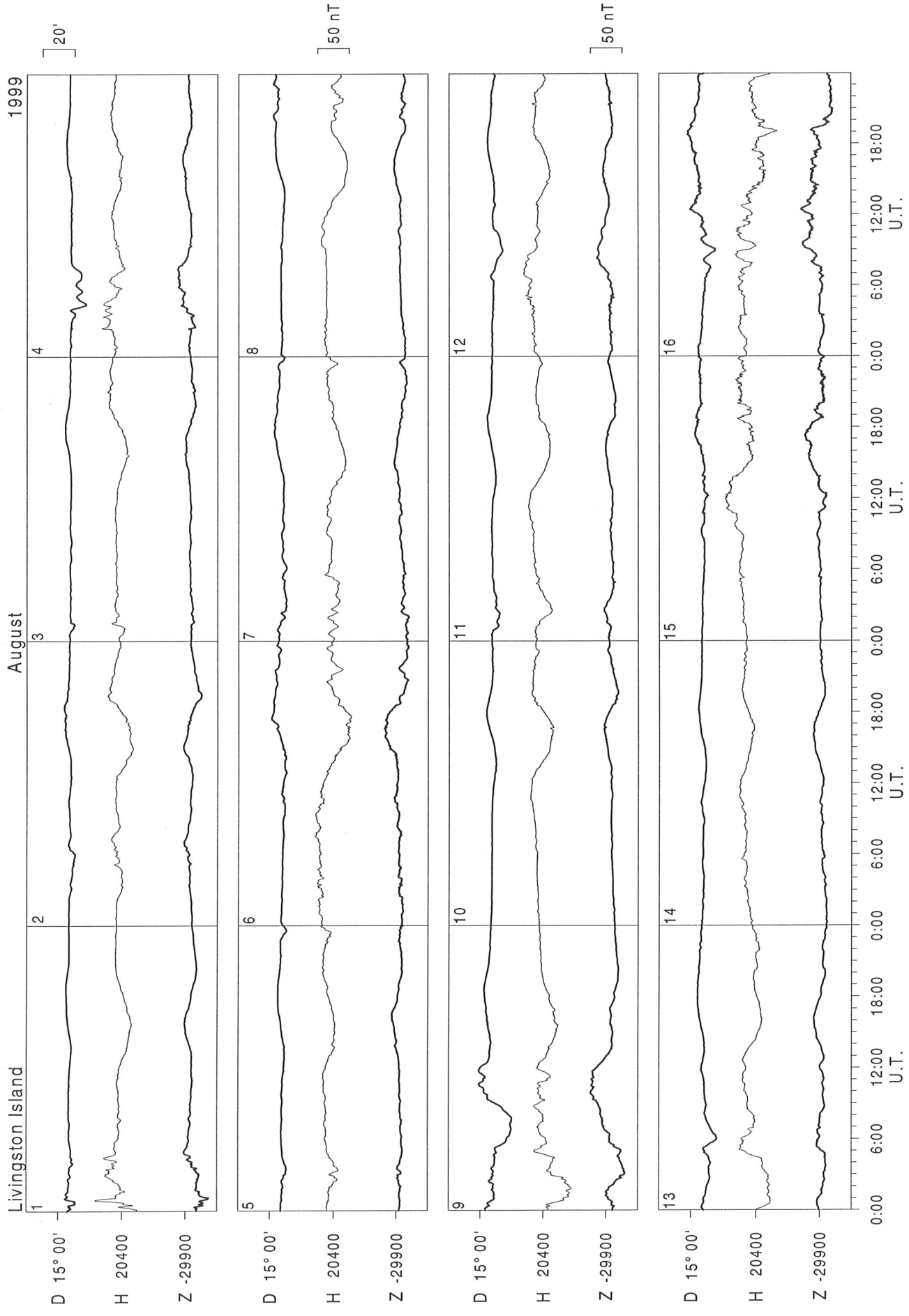


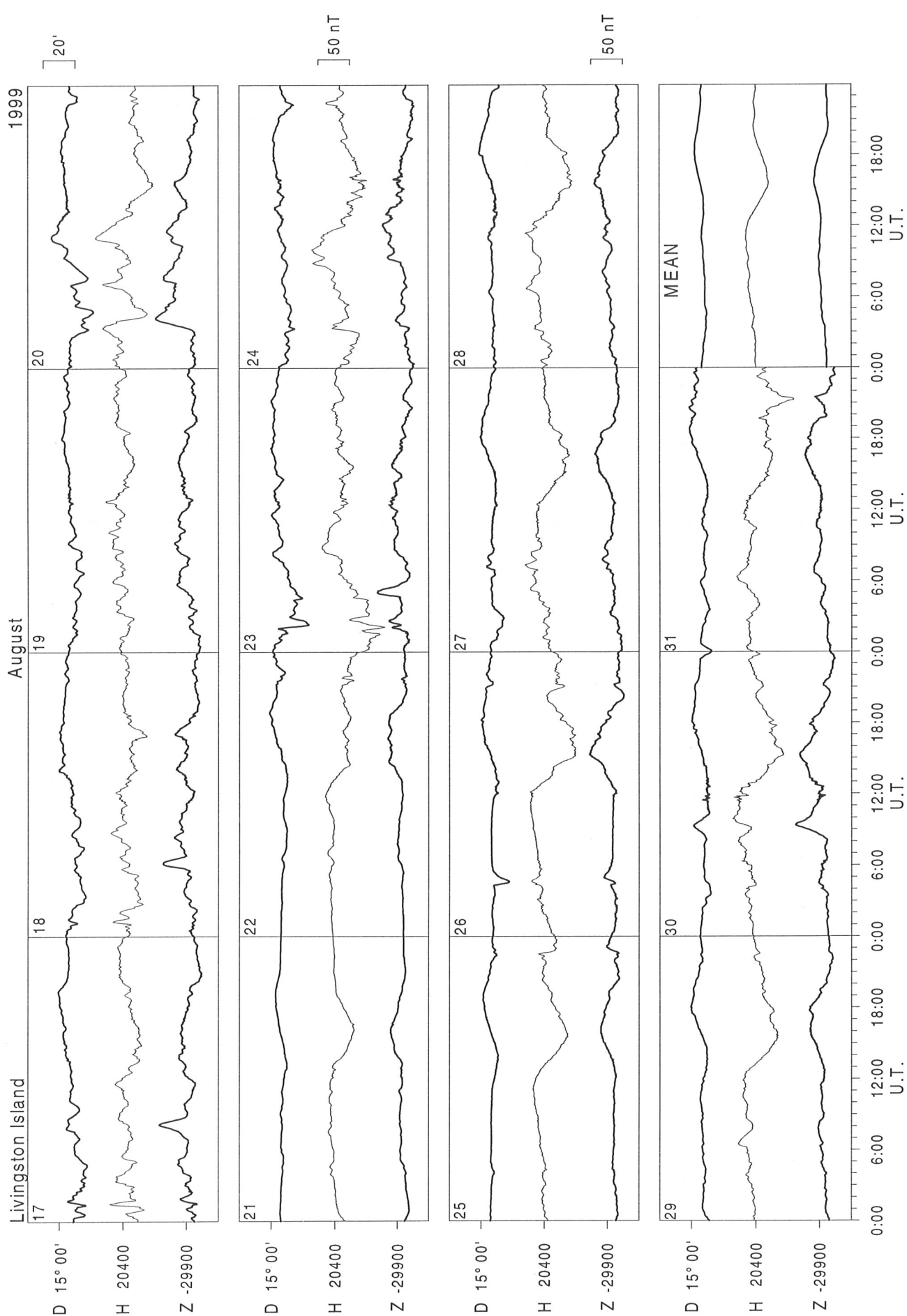






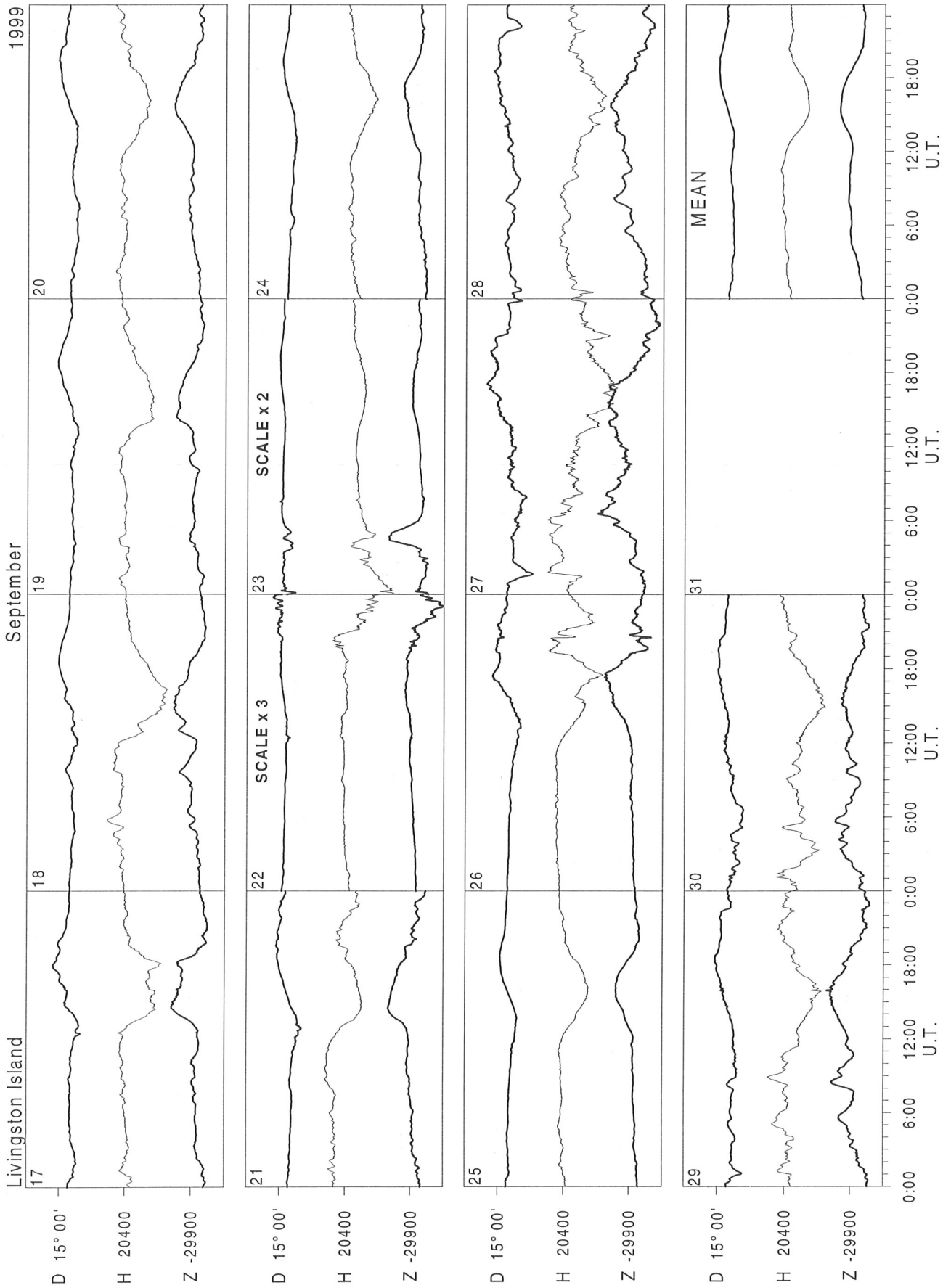


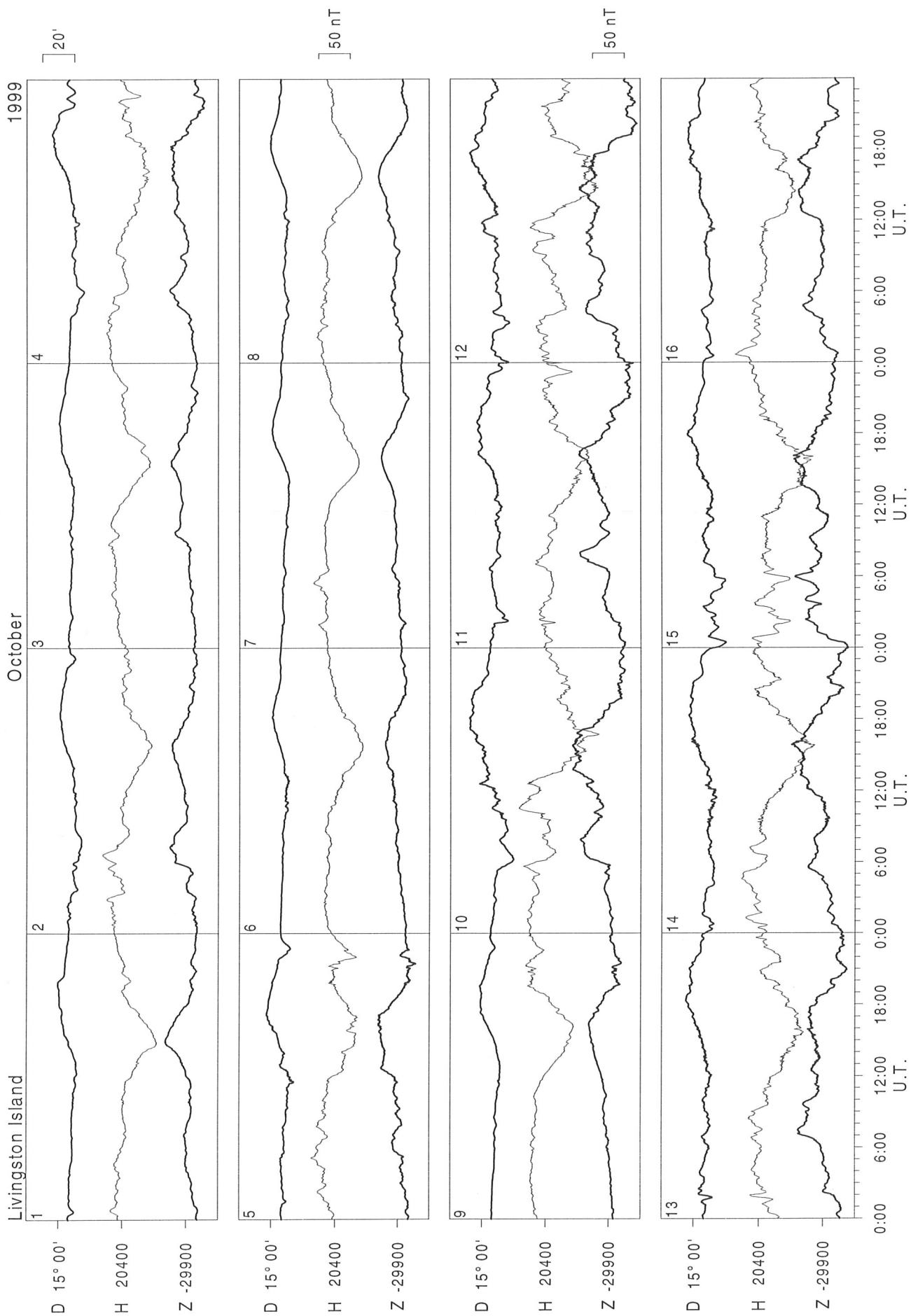


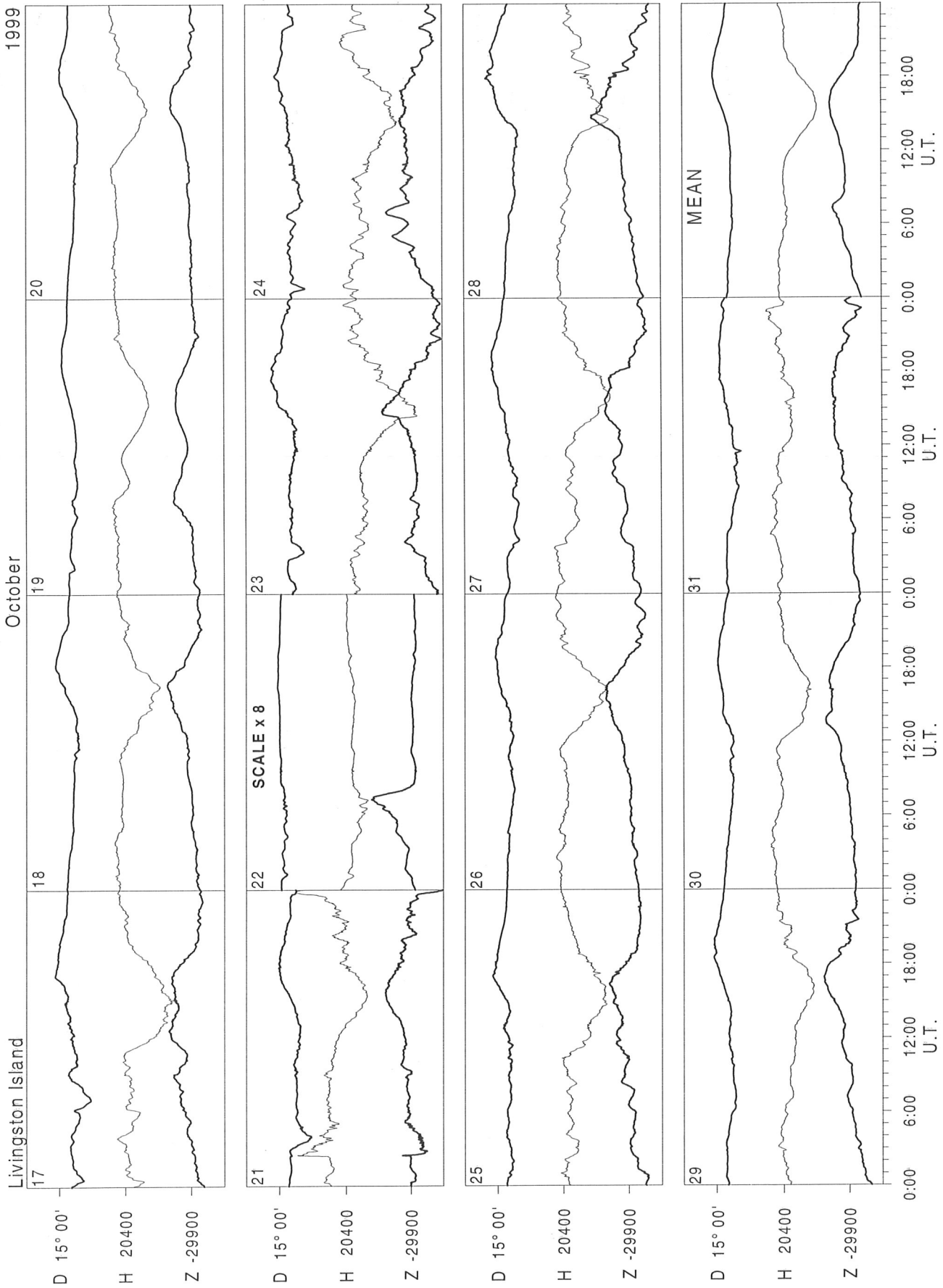


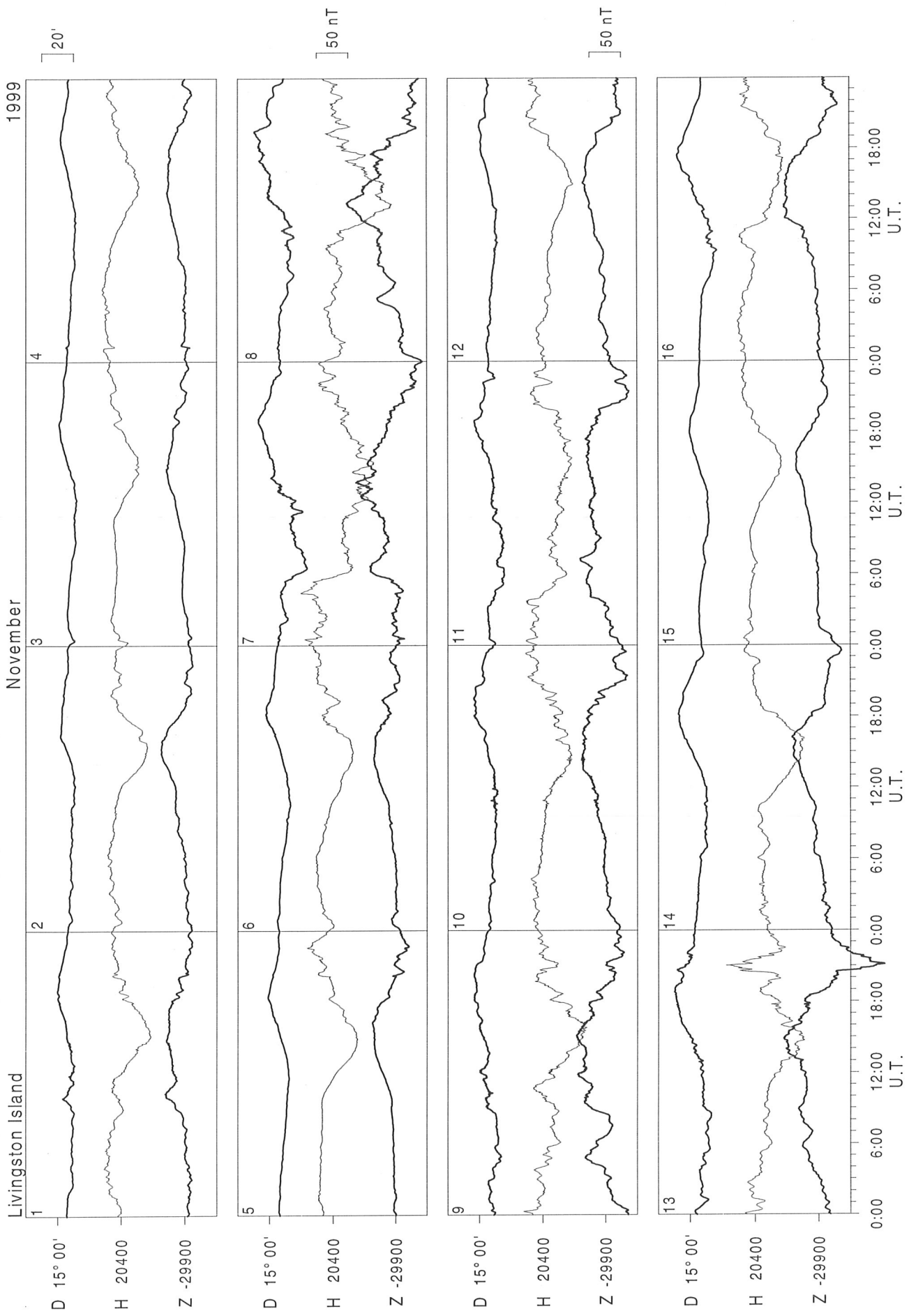














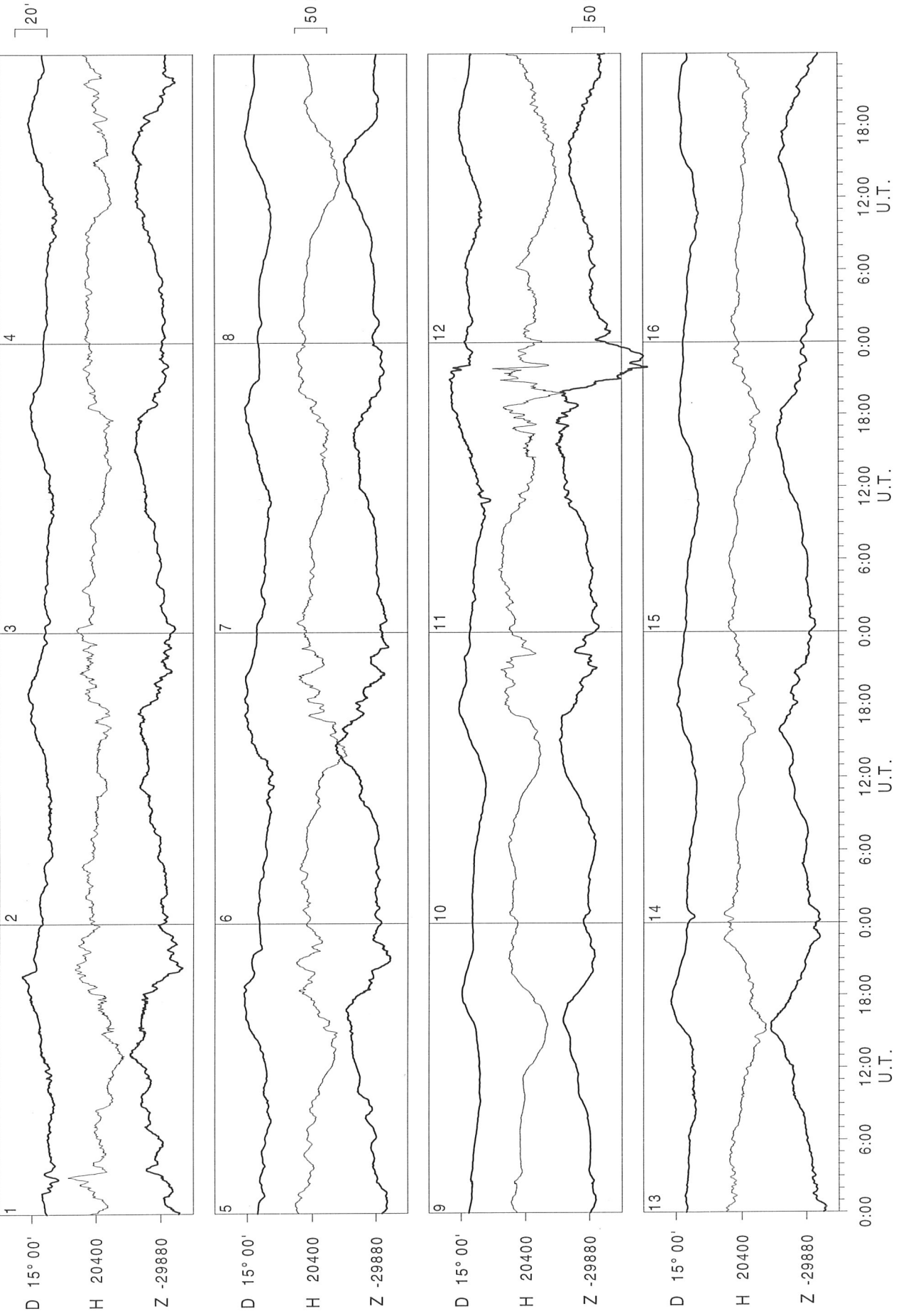




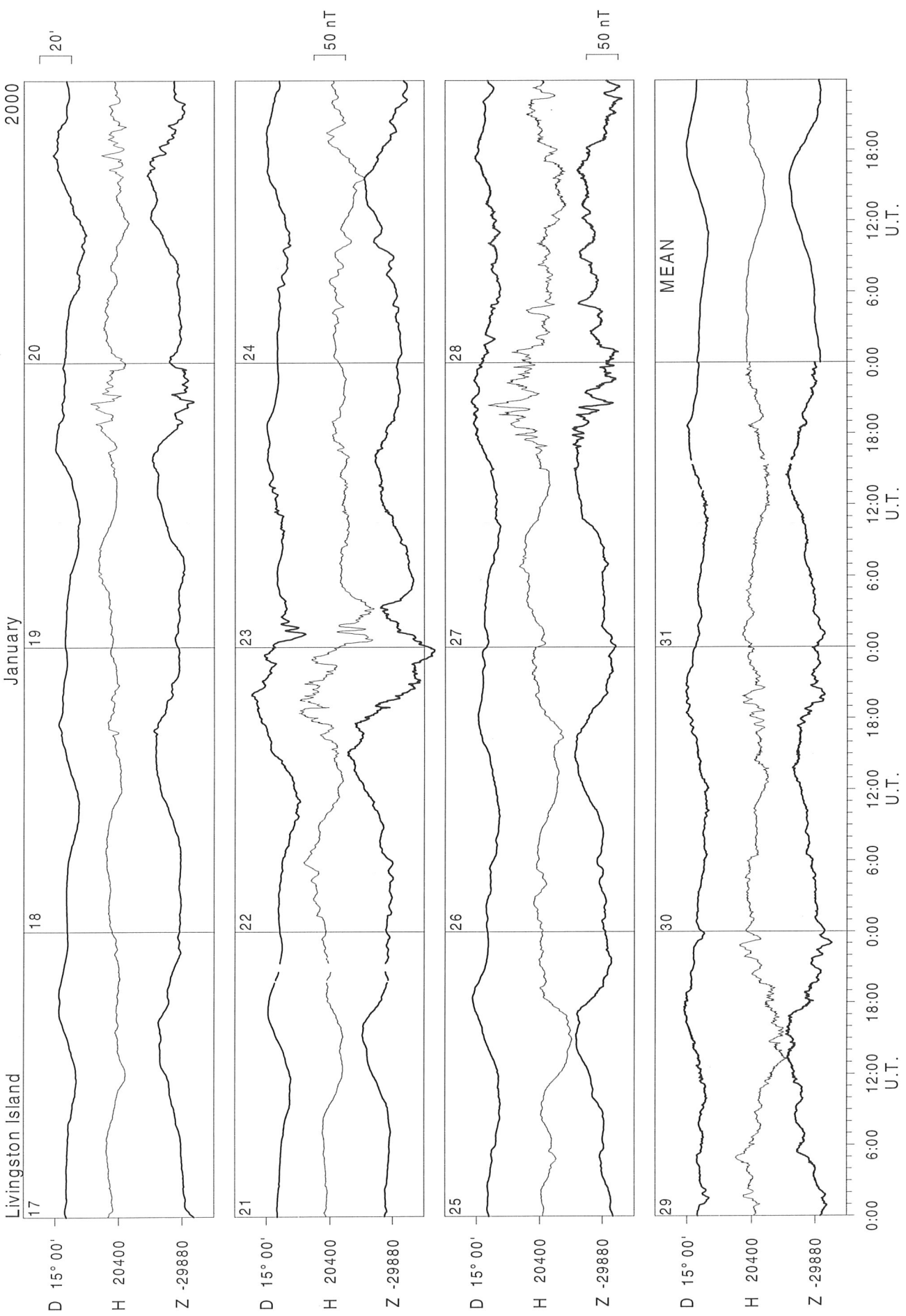
Livingston Island

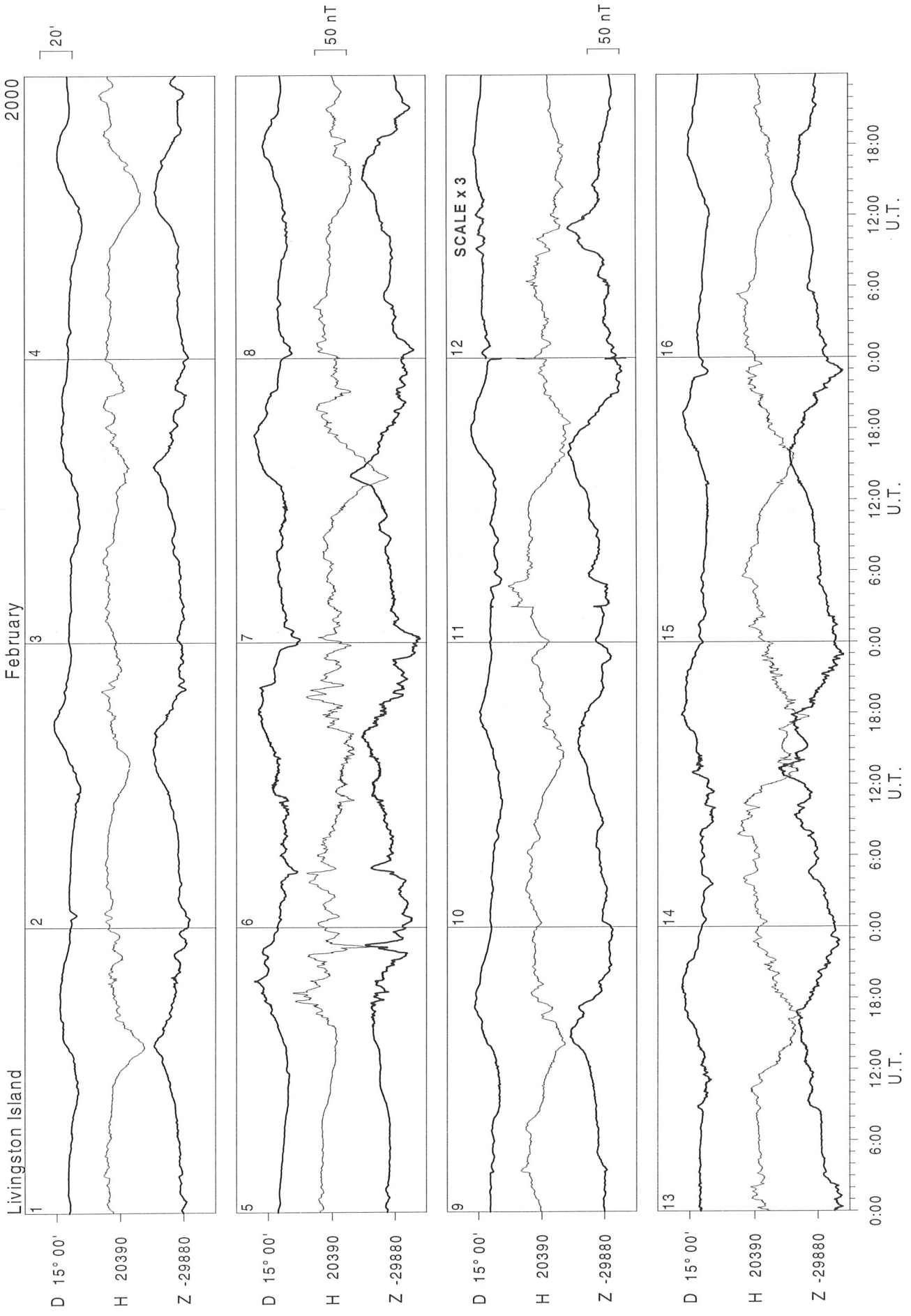
January

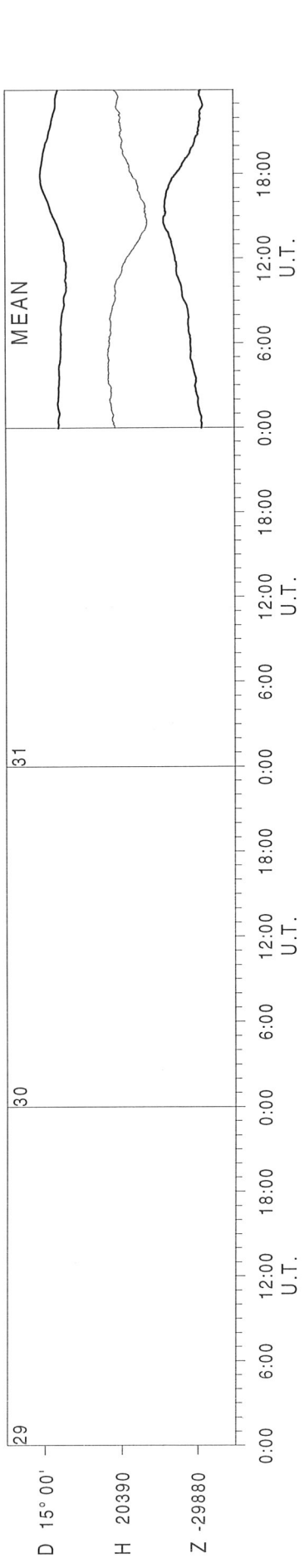
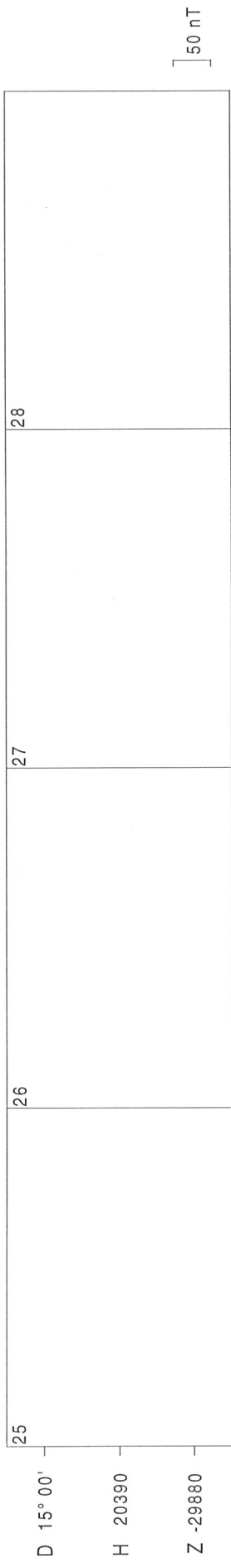
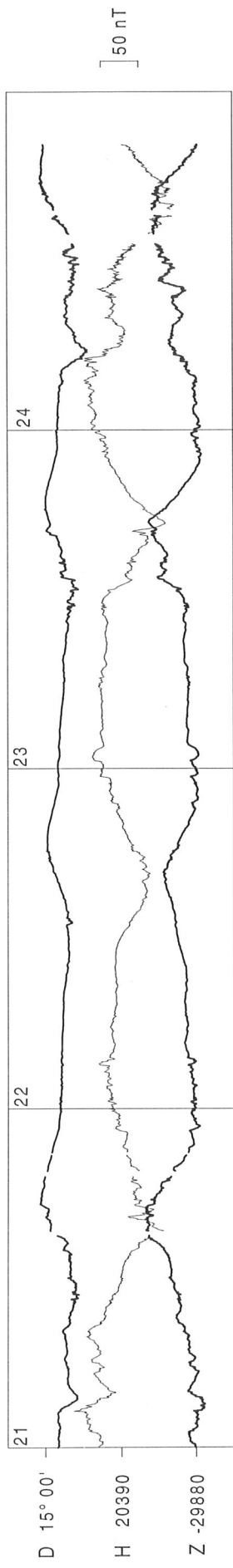
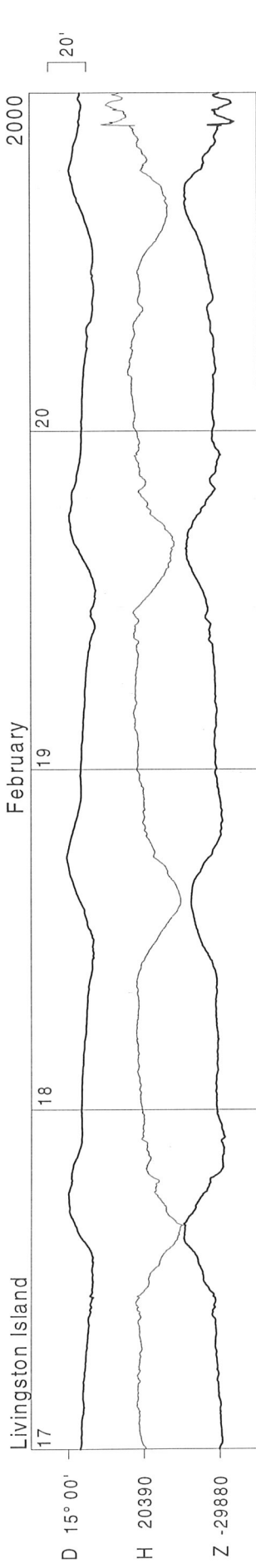
2000

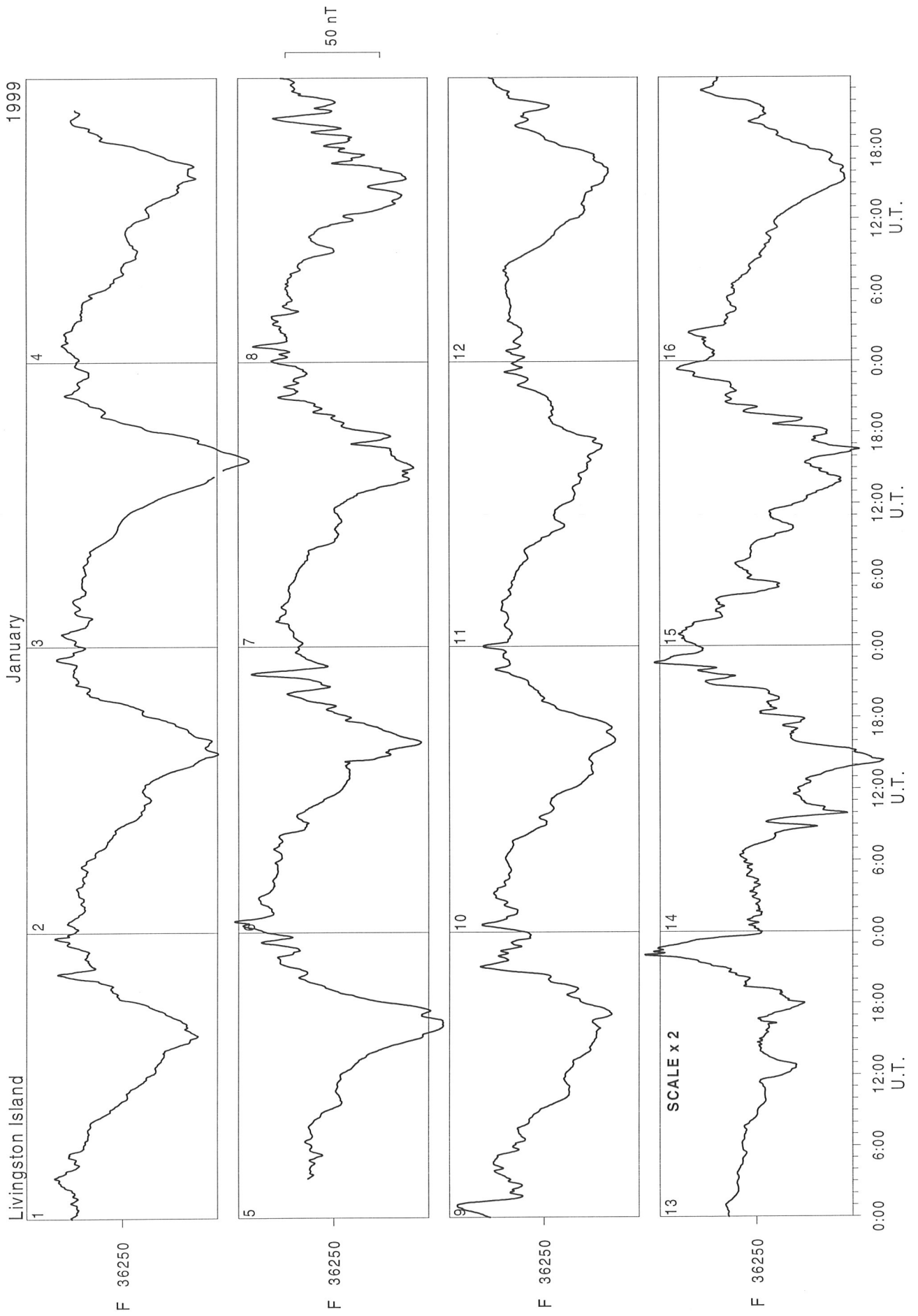


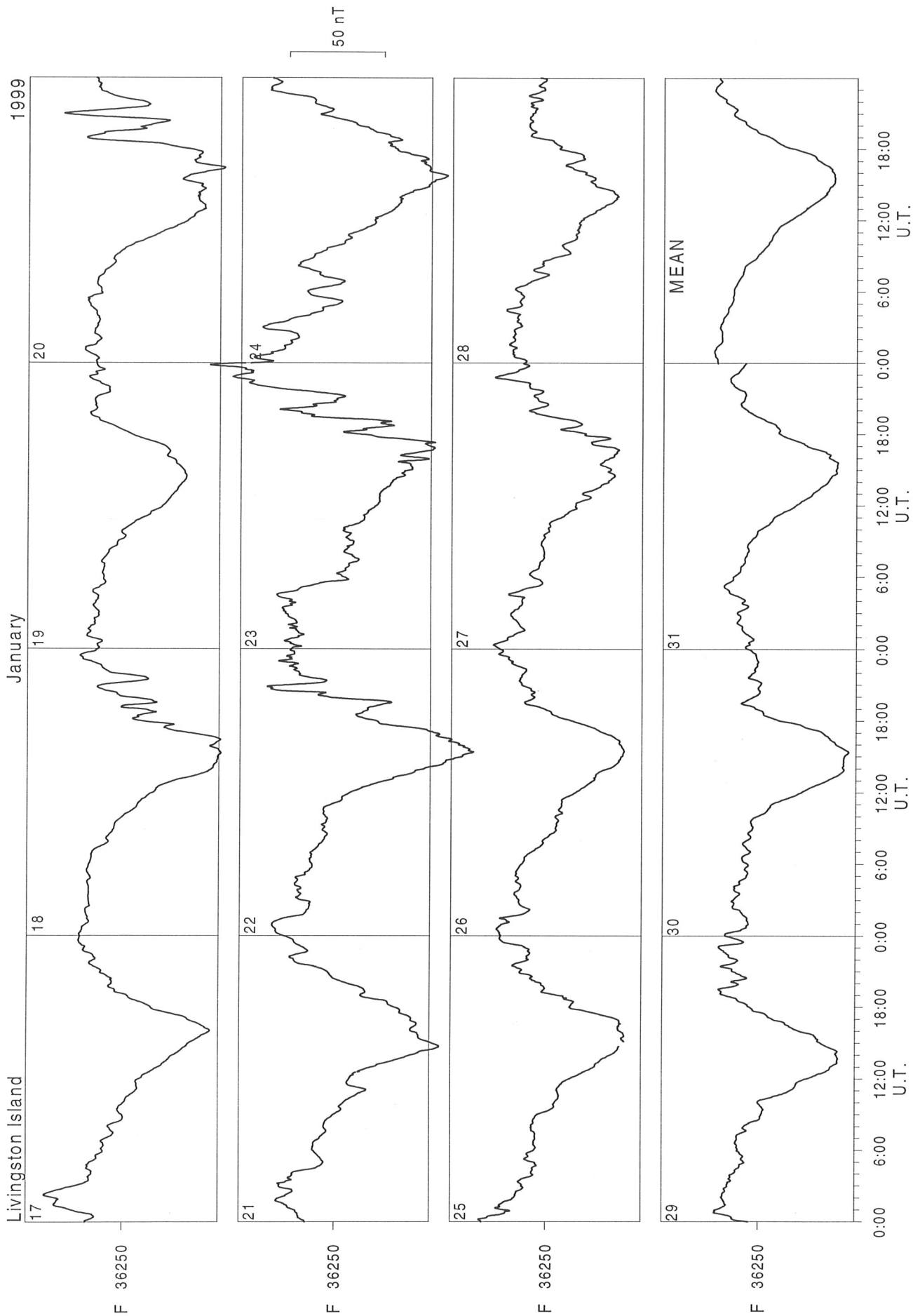


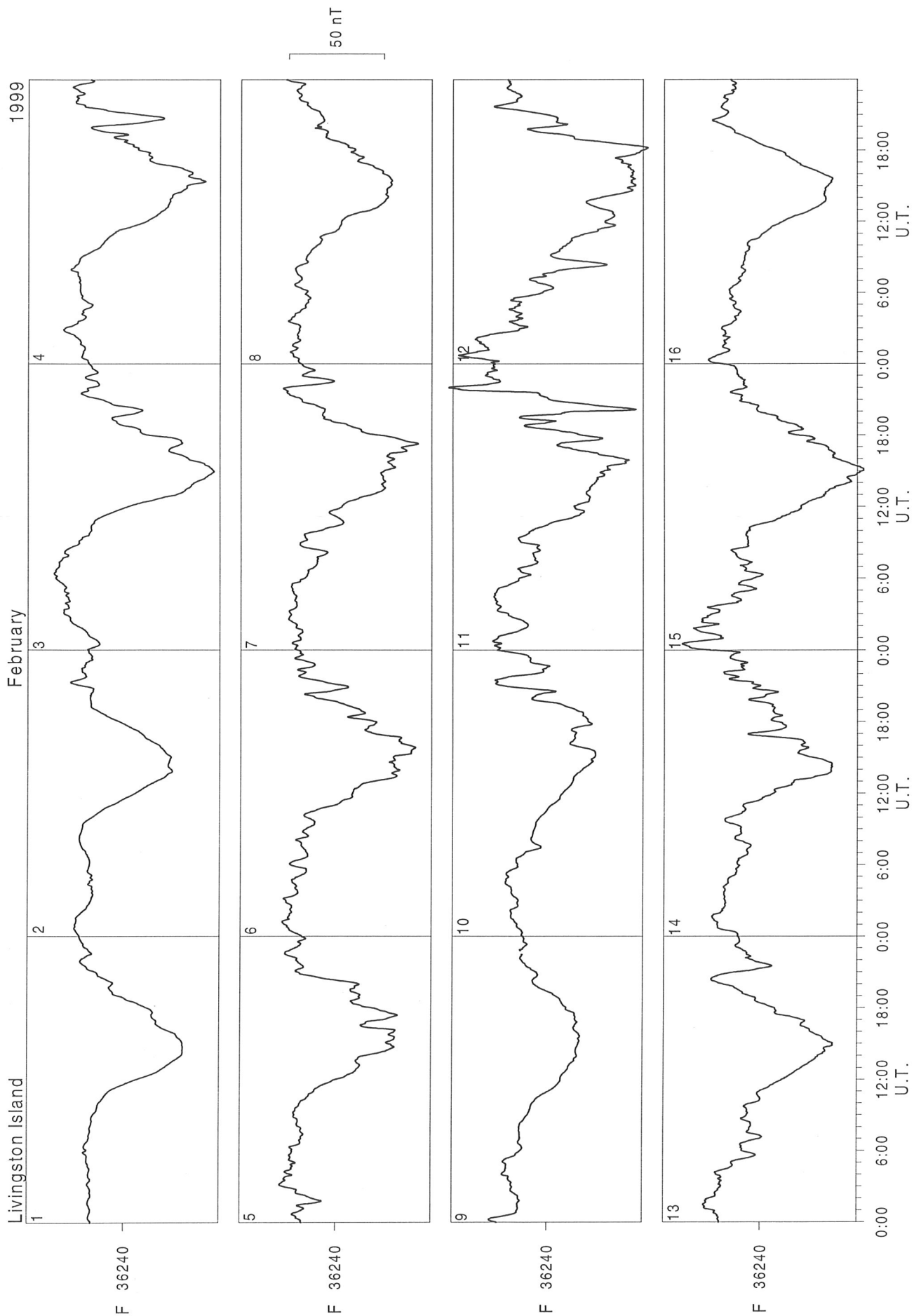


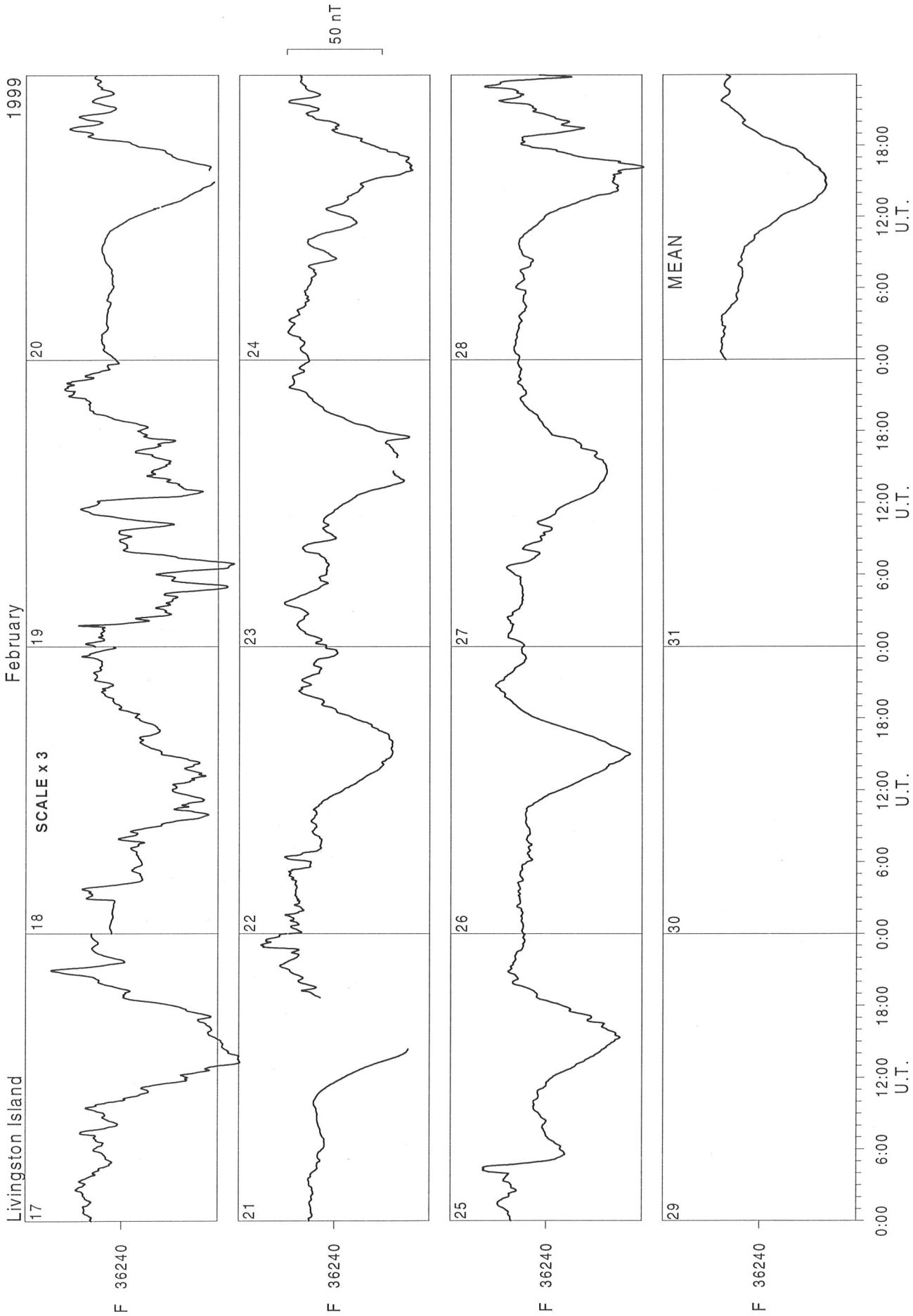


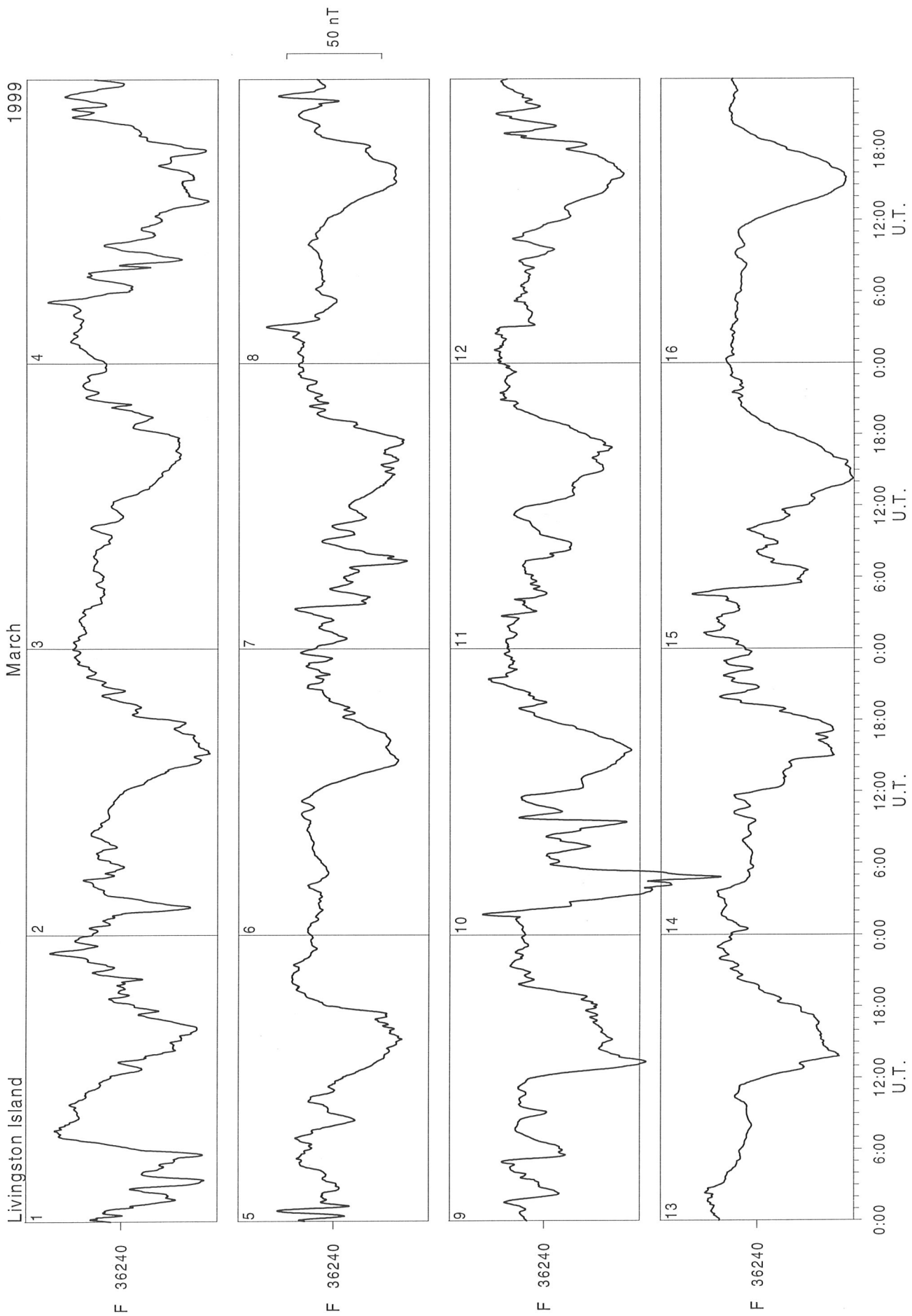




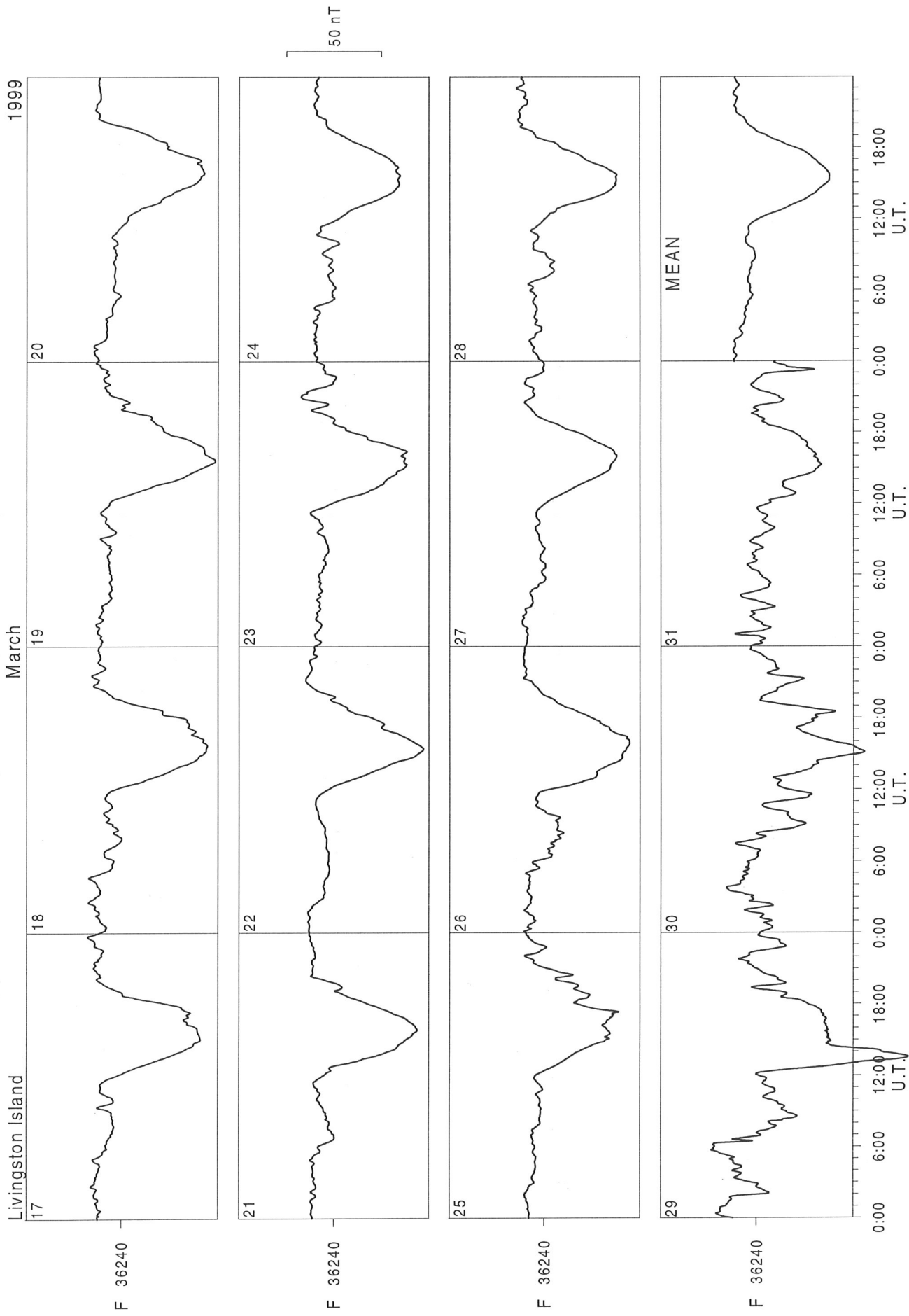


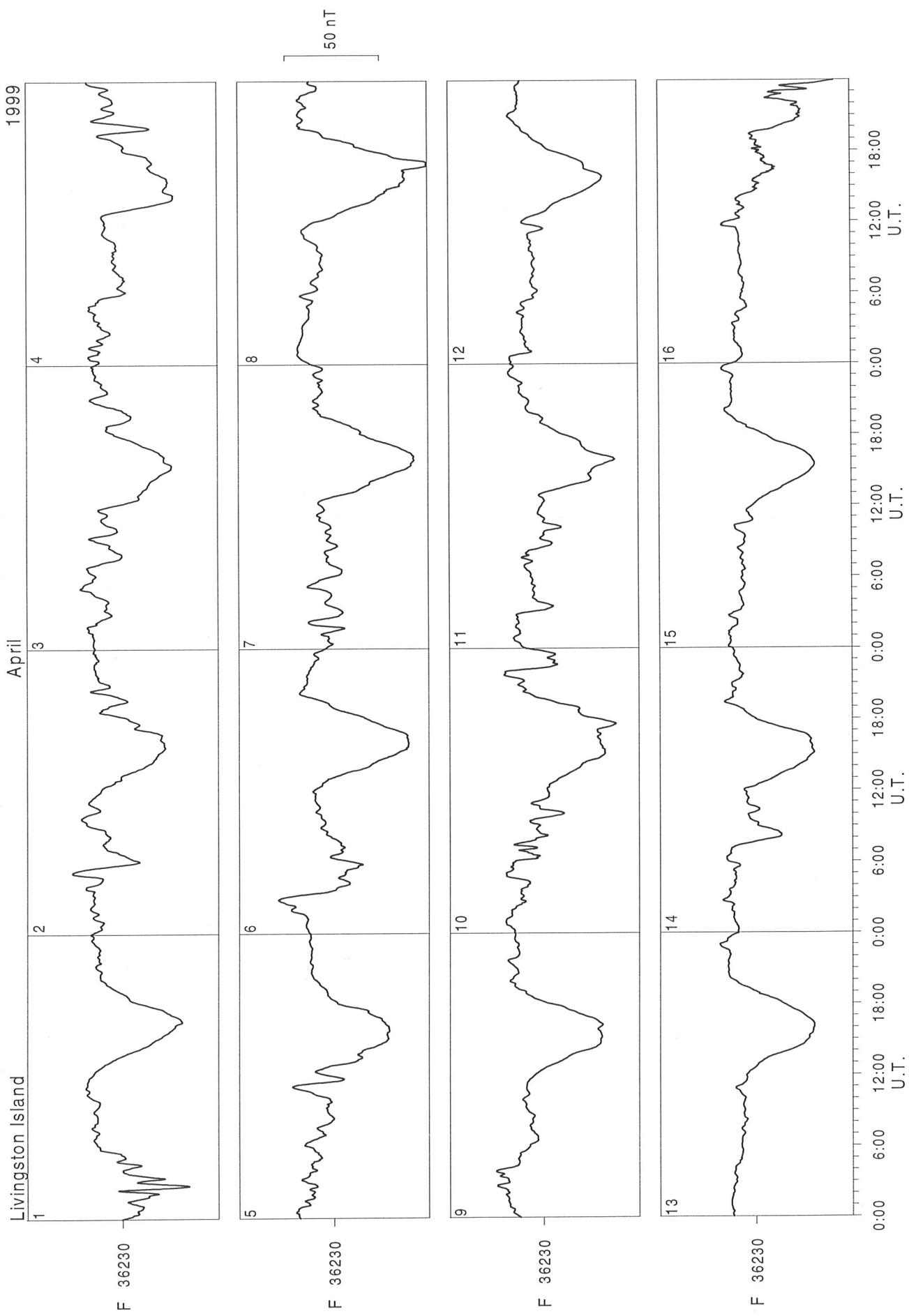


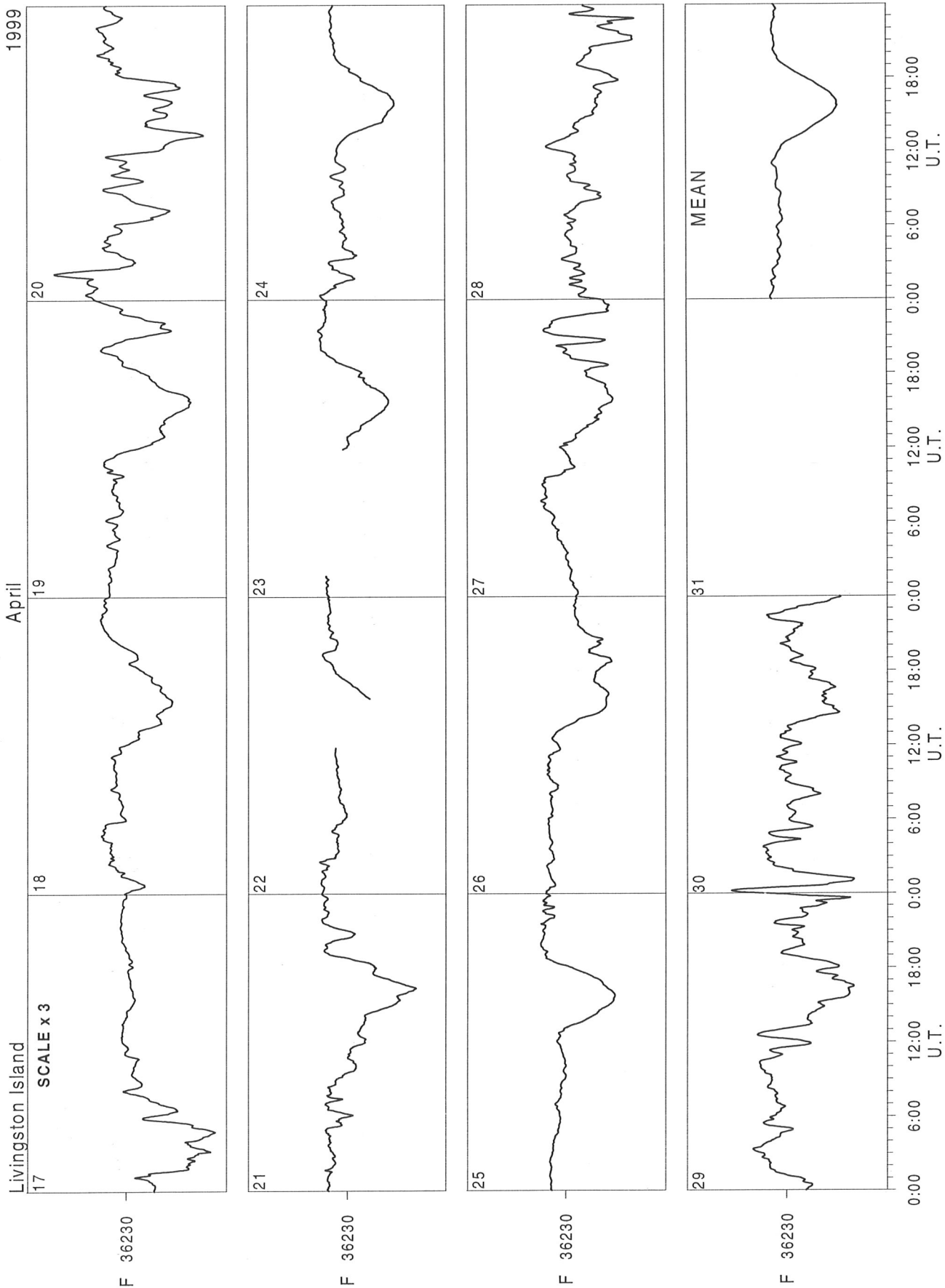


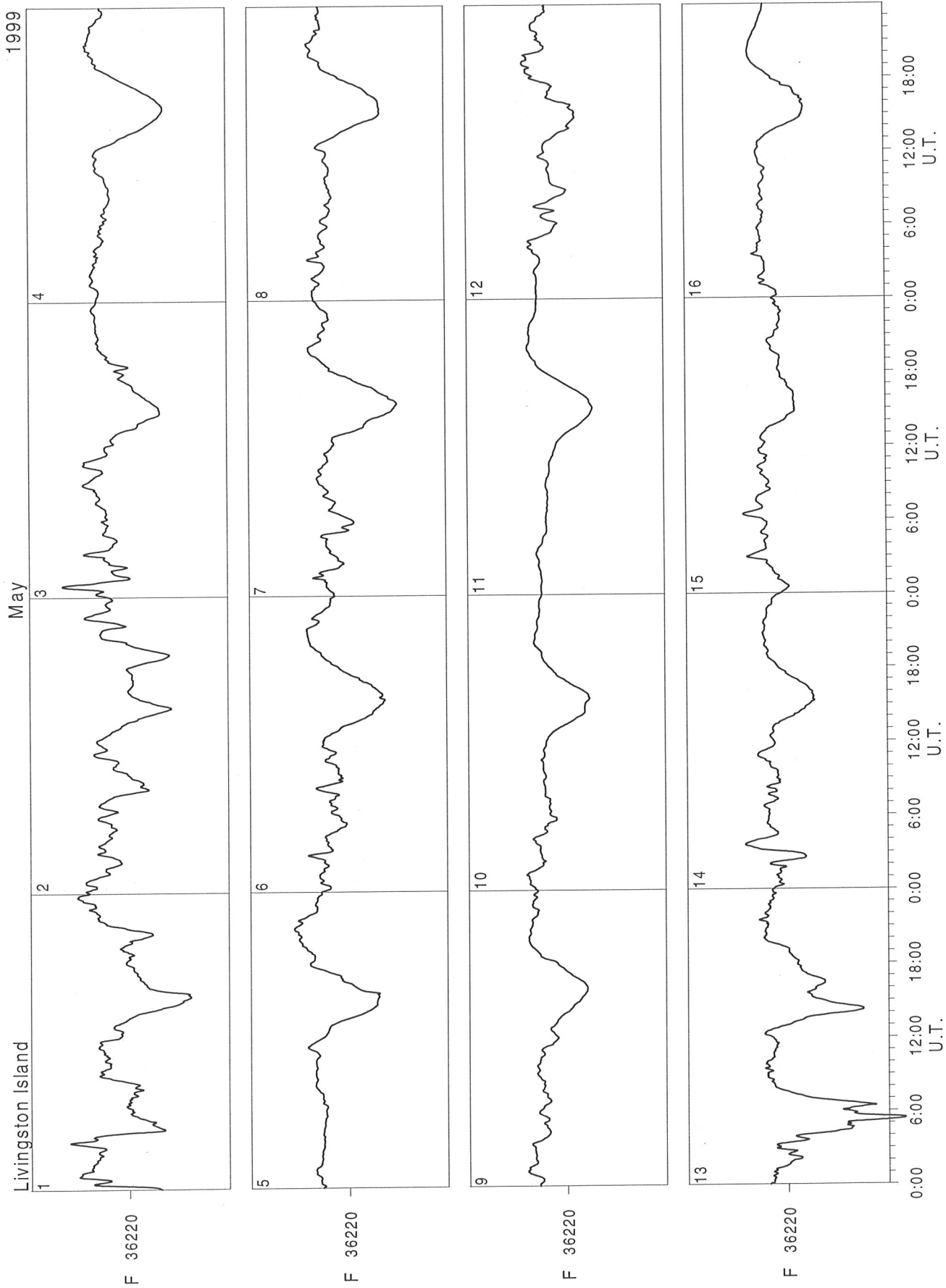




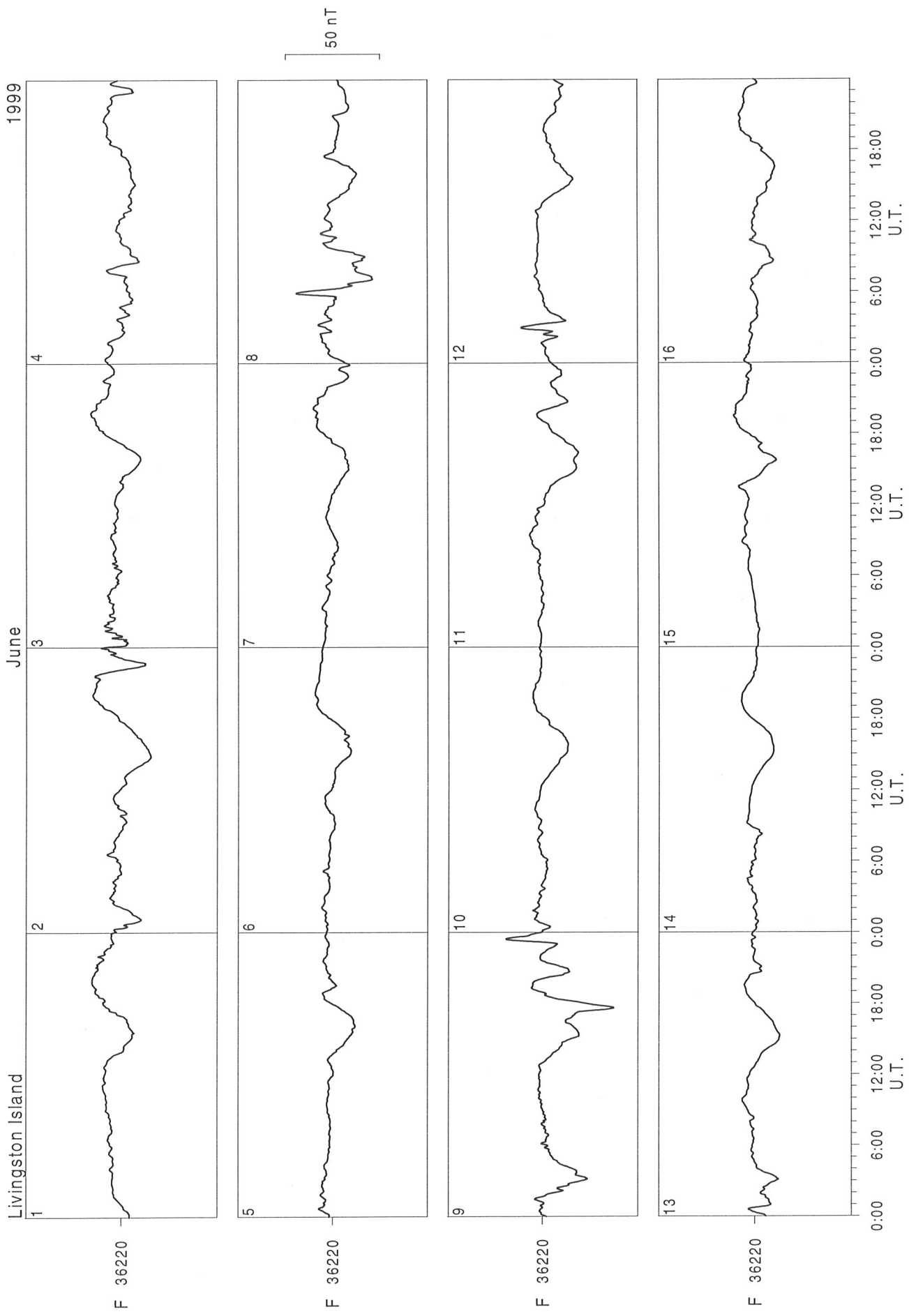


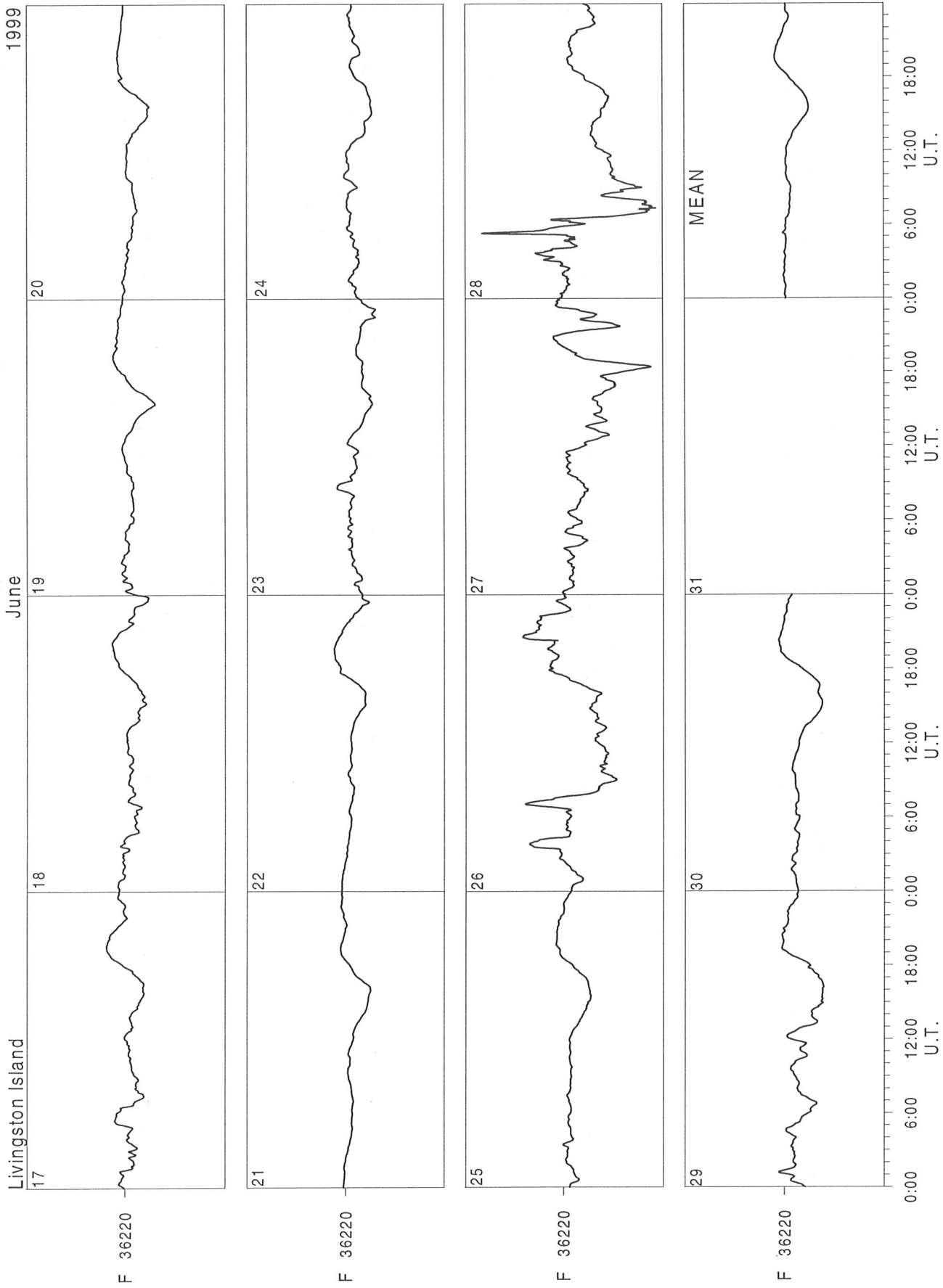


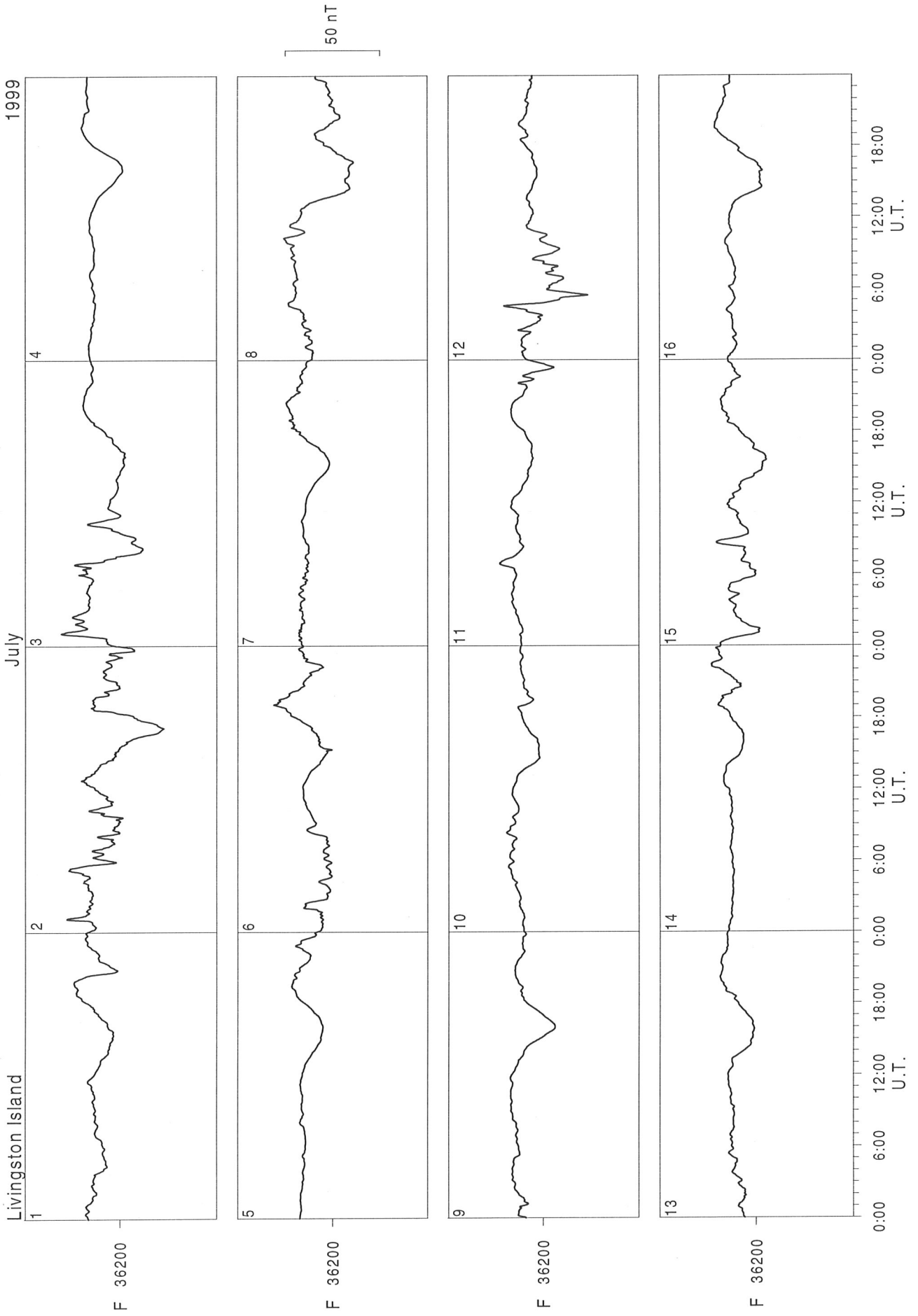




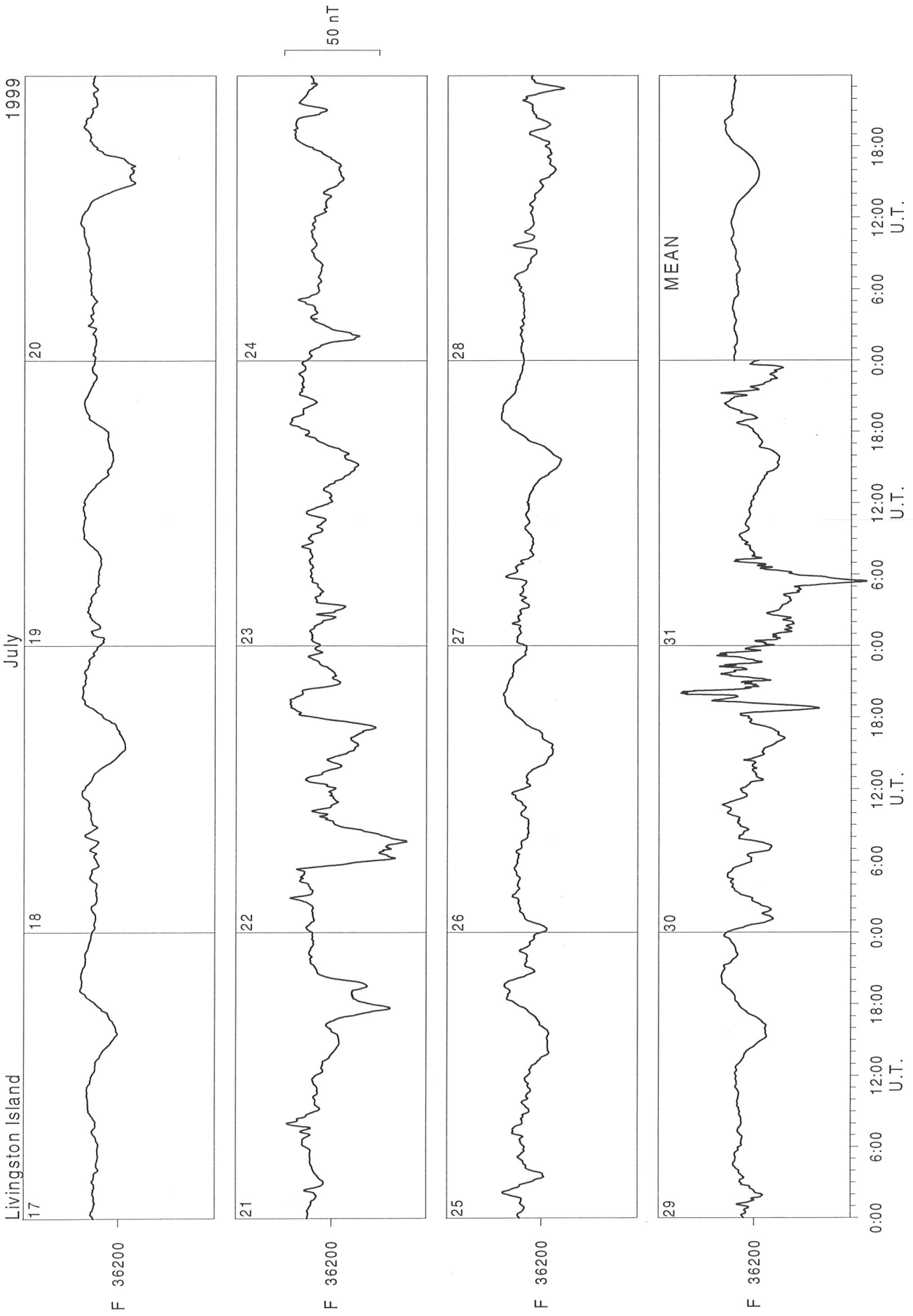


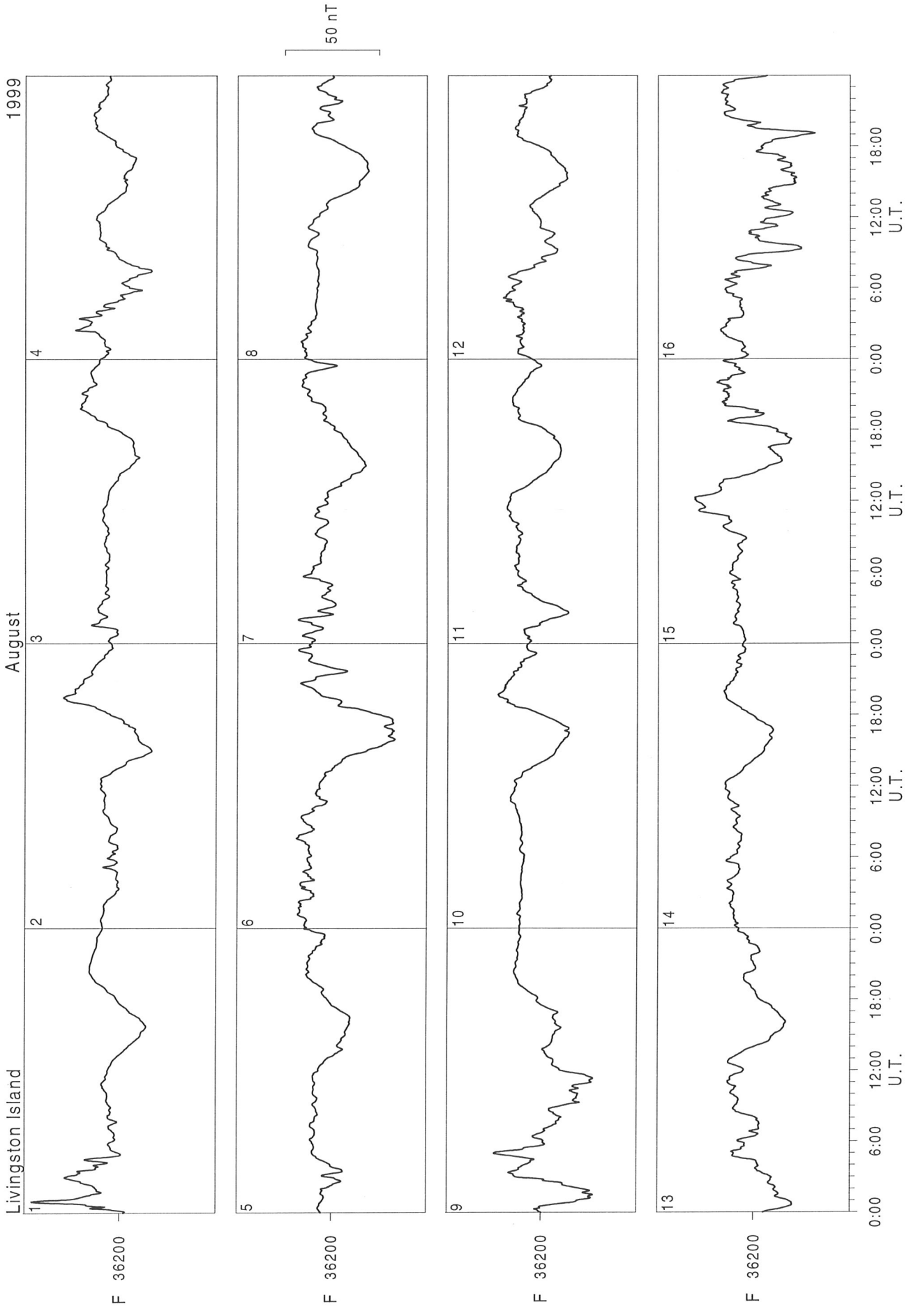




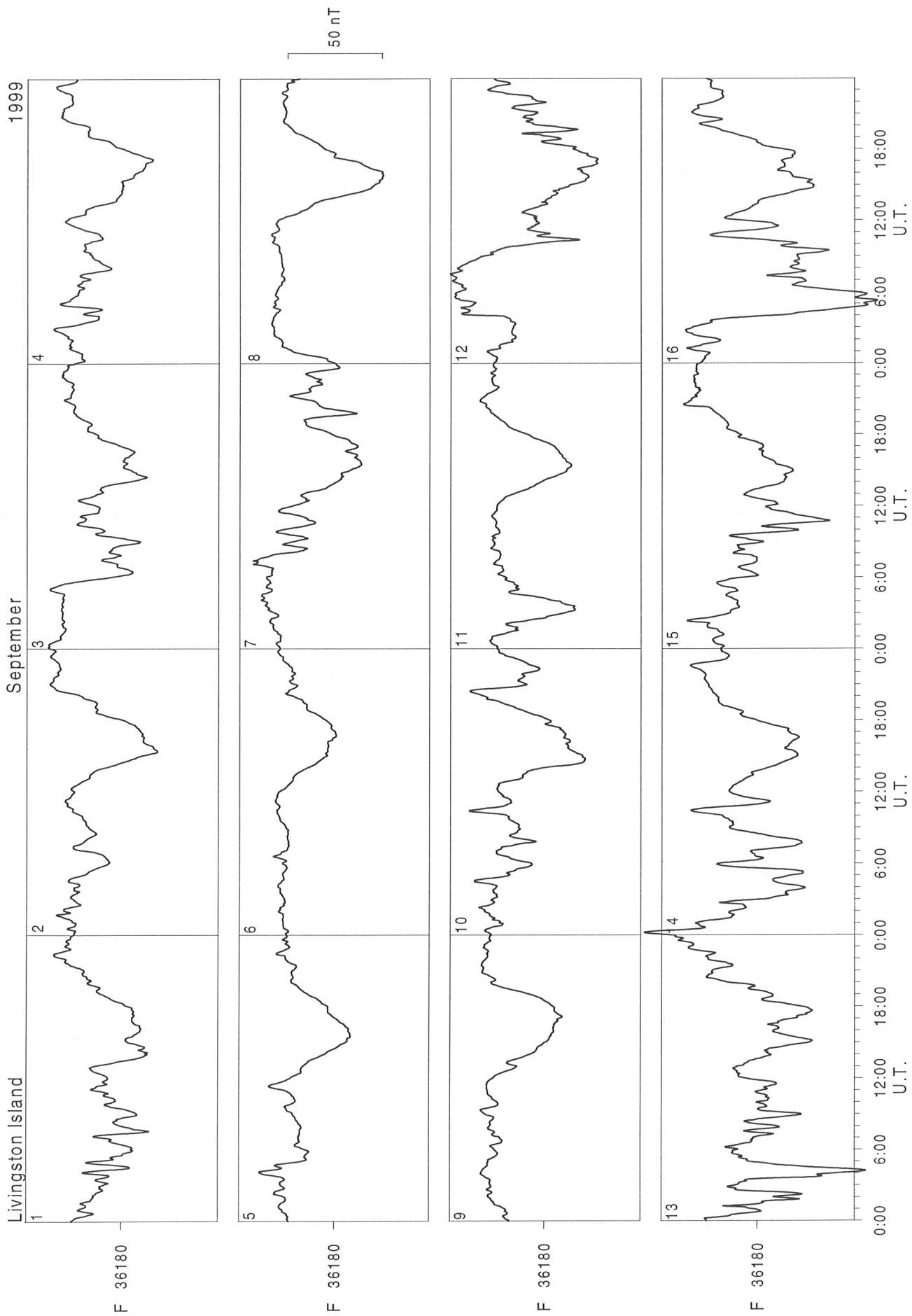




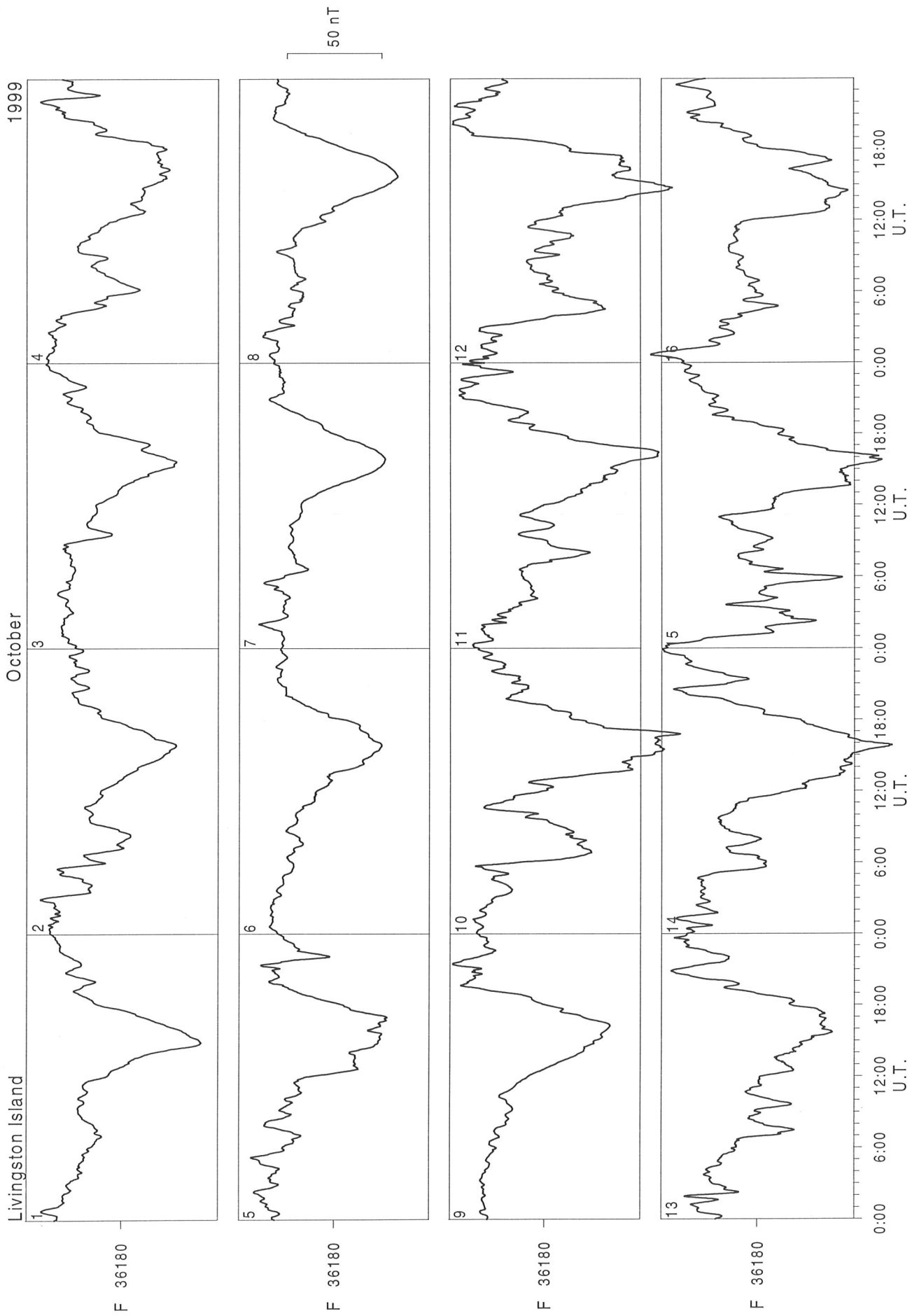


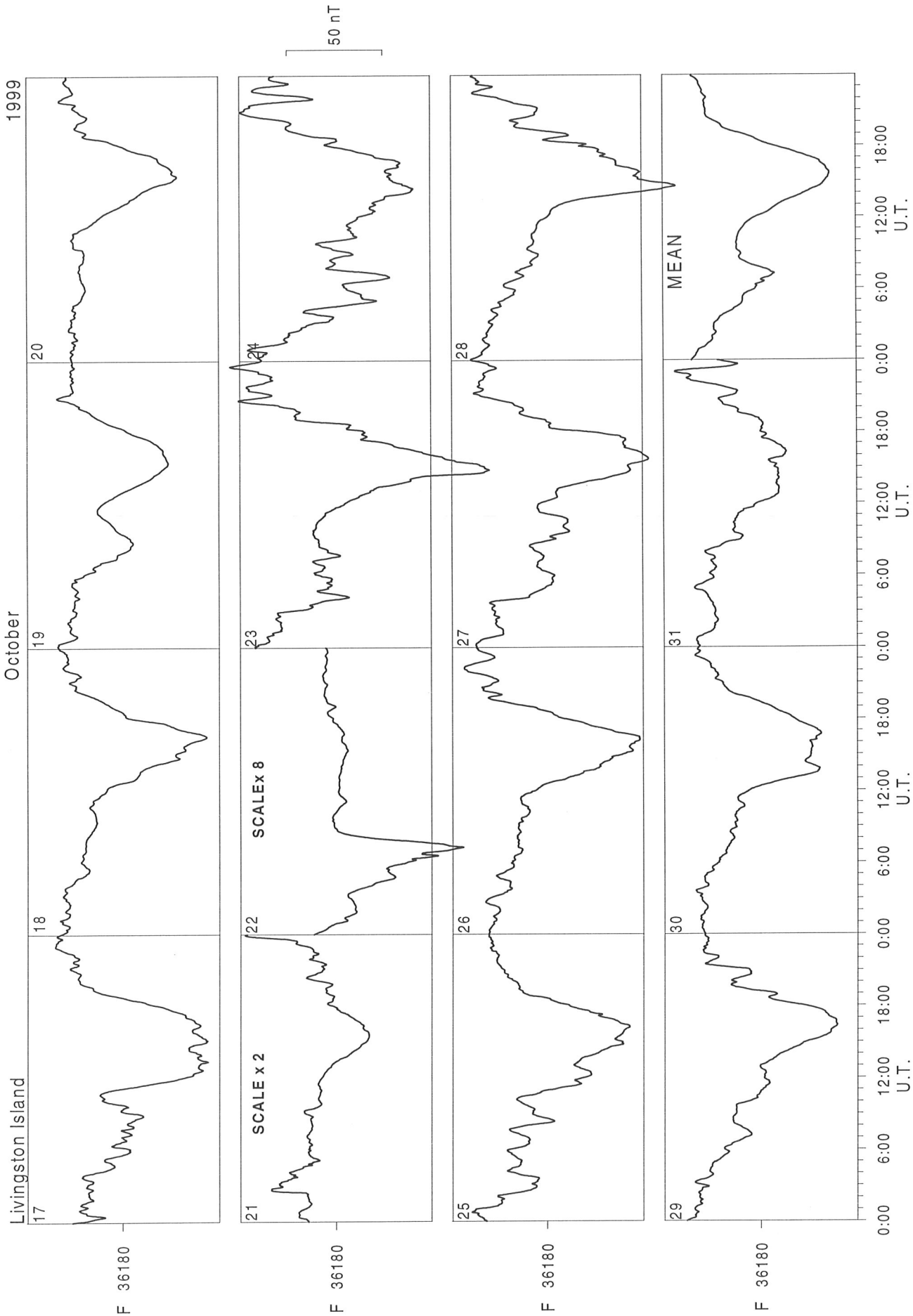


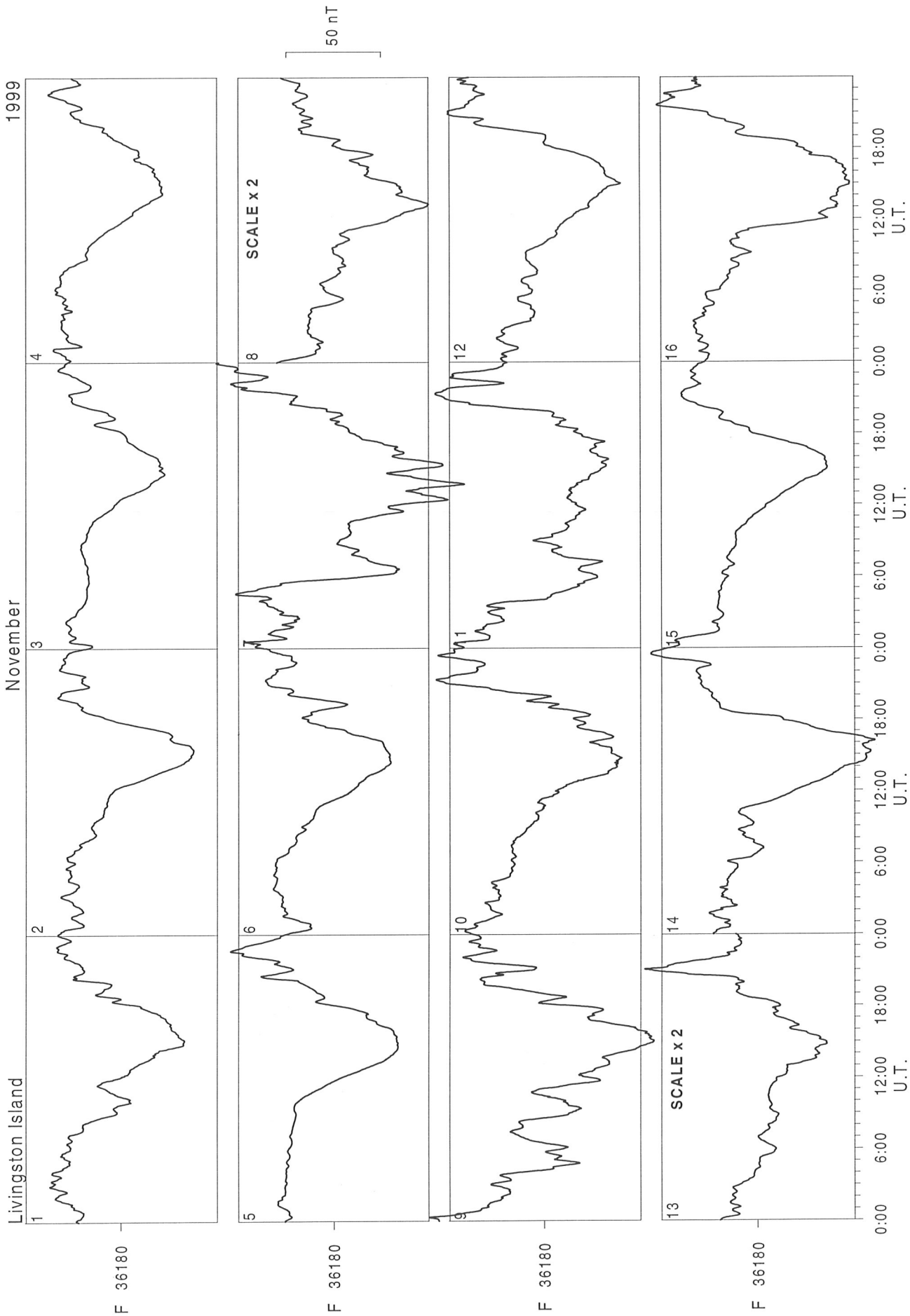




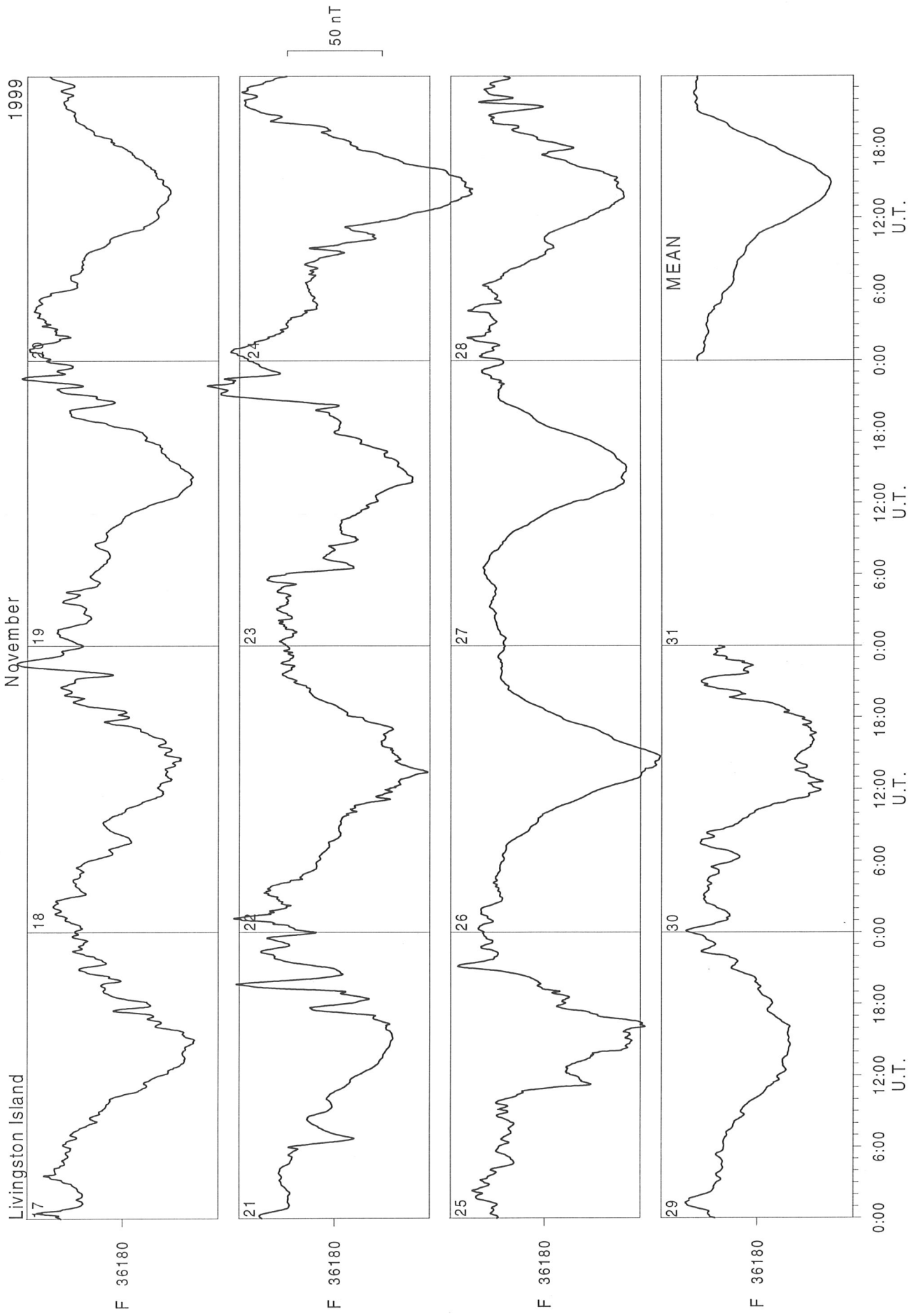


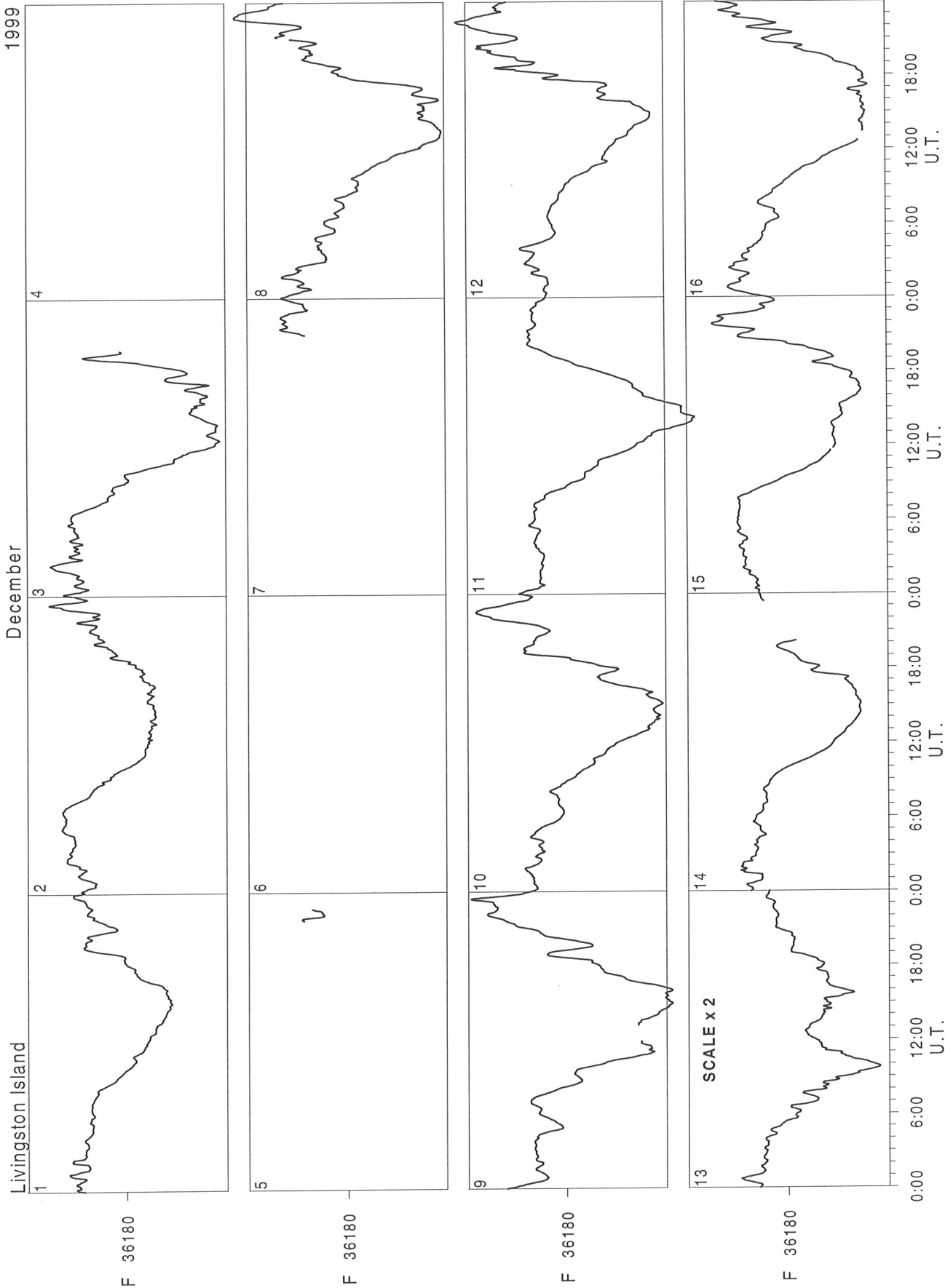




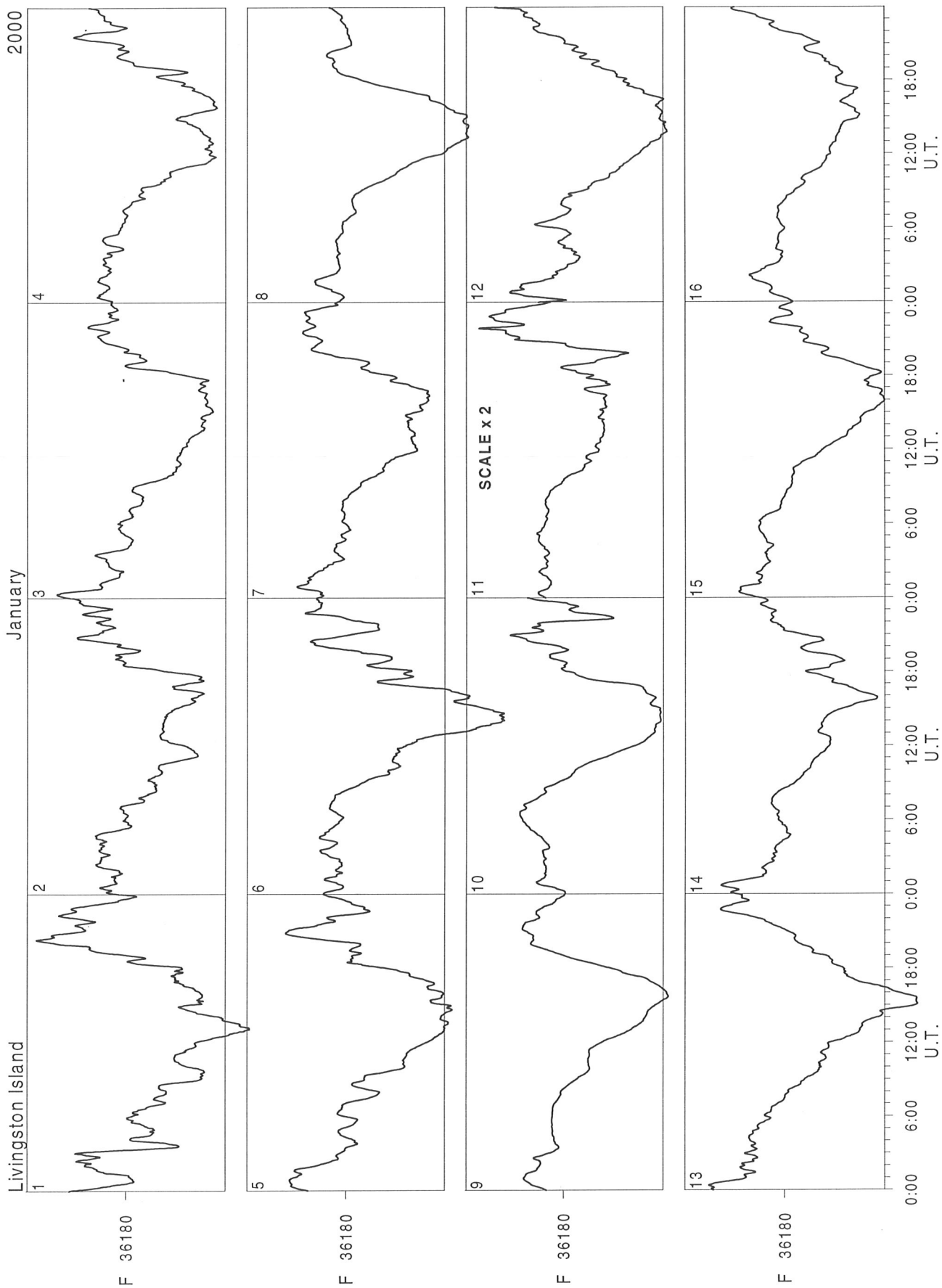


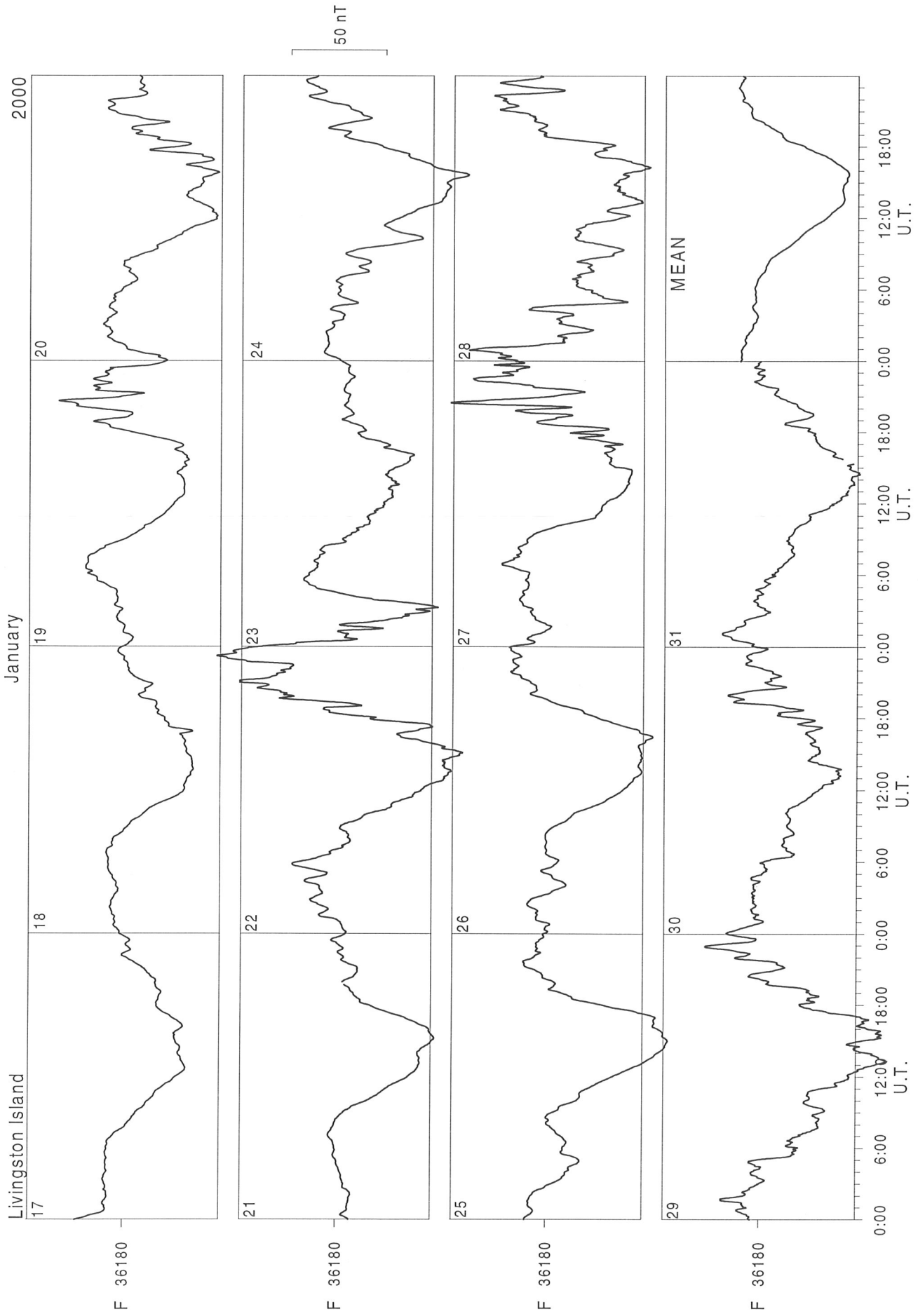


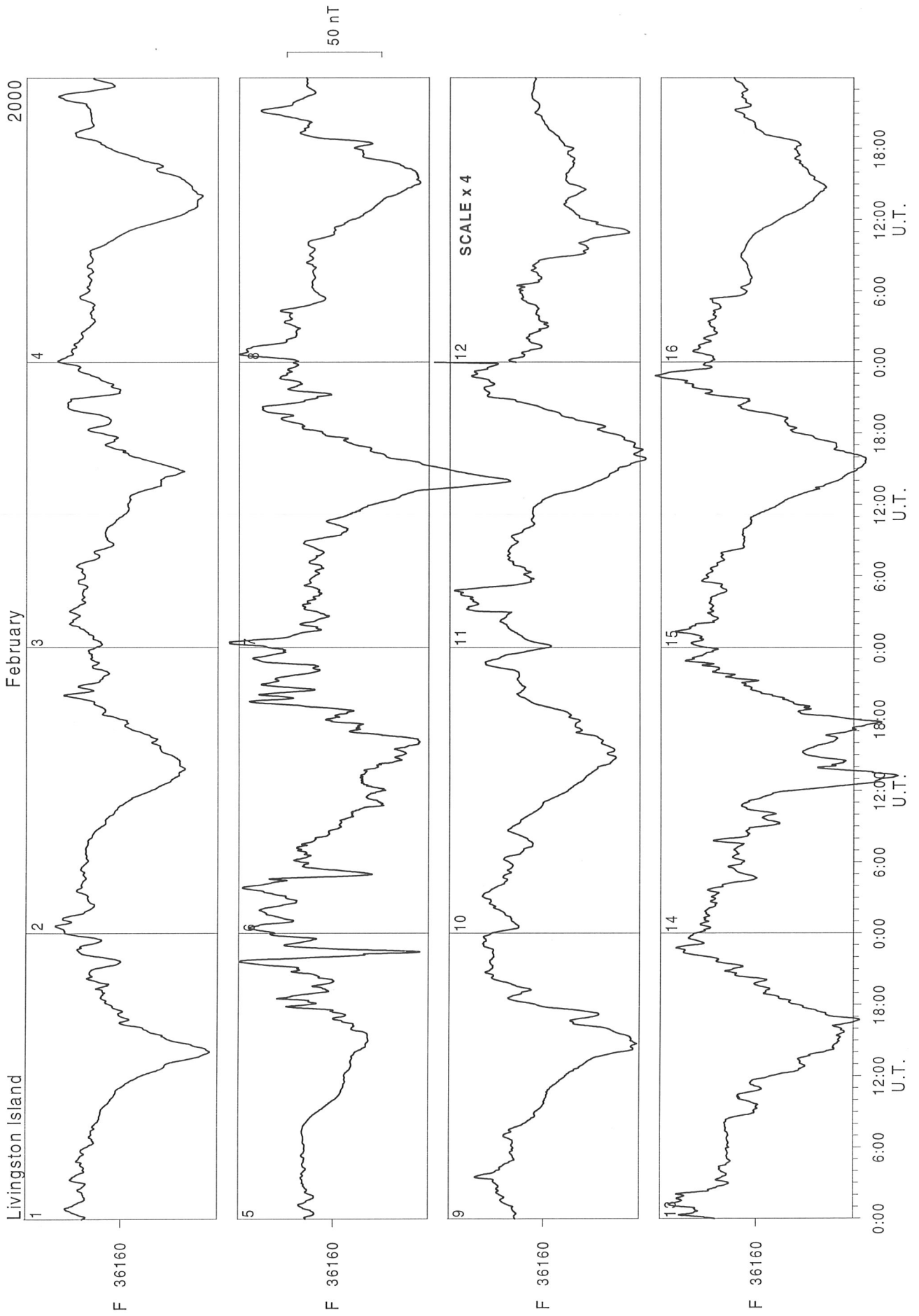


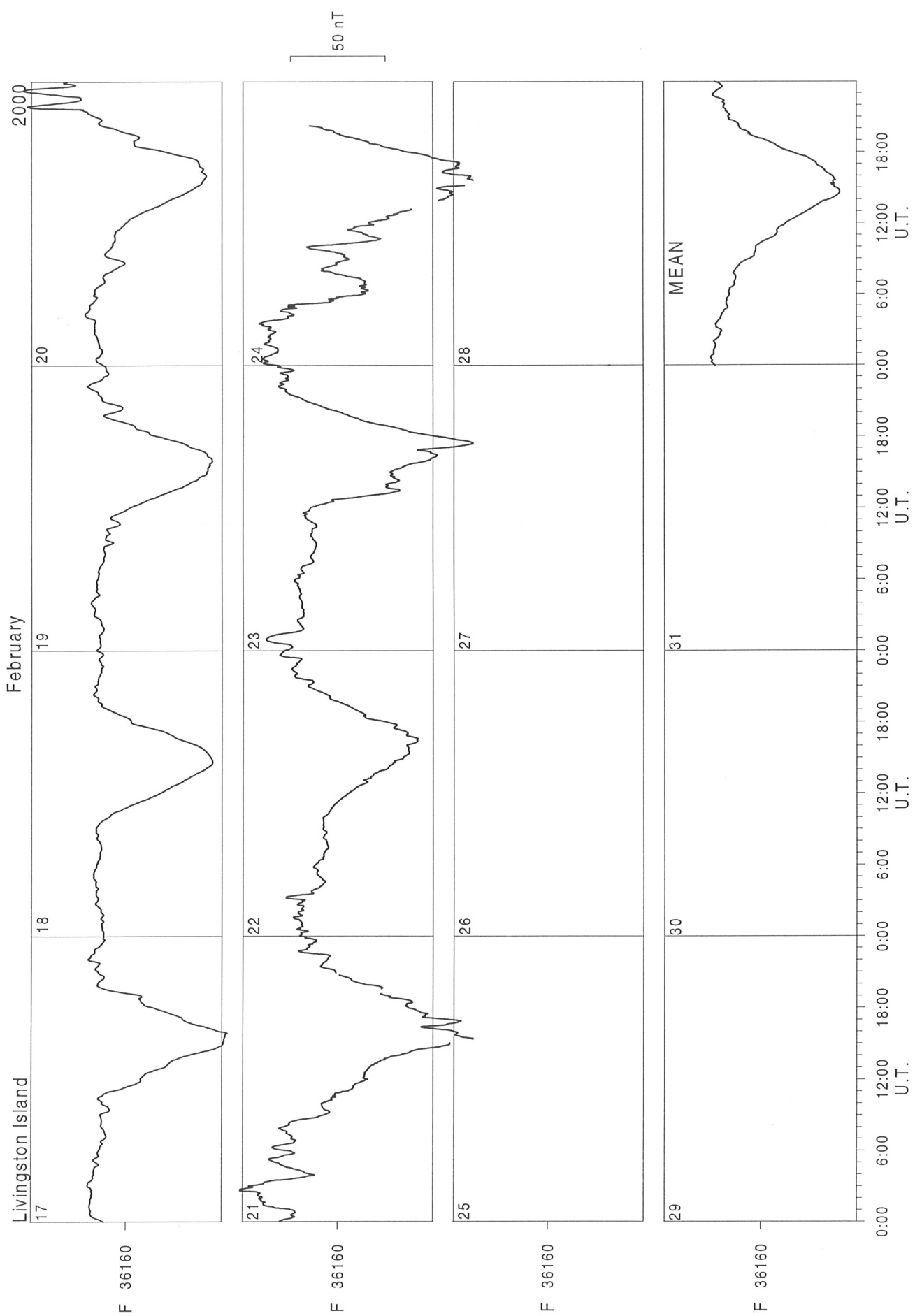












Copyright: Observatori de l'Ebre.  
Edita: Observatori de l'Ebre. Roquetes (Tarragona).  
Impresión: Coop. Gràfica Detorsense. Tortosa.  
ISSN: 0211-4534.  
Dep. Leg.: T-866-98