



Merentutkimuslaitos
Havsforskningsinstitutet
Finnish Institute of
Marine Research

AALTOHAVAINTOJA SUOMENLAHDELTA
Suuntamittauksia 1990-1994
Directional wave statistics
from the Gulf of Finland 1990-1994
Summary

Heidi Pettersson



No. 44
2001

MERI

Report Series of the Finnish
Institute of Marine Research

AALTOHAVAINTOJA SUOMENLAHDELTA

Suuntamittauksia 1990-1994

Directional wave statistics from the Gulf of Finland 1990-1994

Summary

Heidi Pettersson

MERI – Report Series of the Finnish Institute of Marine Research No. 44, 2001

Publisher:
Finnish Institute of Marine Research
P.O. Box 33
FIN-00931 Helsinki, Finland
Tel: + 358 9 613941
Fax: + 358 9 61394 494
e-mail: surname@fimr.fi

Julkaisija:
Merentutkimuslaitos
PL 33
00931 Helsinki
Puh: 09-613941
Telekopio: 09-61394 494
e-mail: sukunimi@fimr.fi

Copies of this Report Series may be obtained from the library of the Finnish Institute of Marine Research.

Tämän raporttisarjan numeroita voi tilata Merentutkimuslaitoksen kirjastosta.

ISSN 1238-5328 ISBN 951-53-2363-0

AALTOHAVAINTOJA SUOMENLAHDELTA

Suuntamittauksia 1990-1994

Directional wave statistics from the Gulf of Finland 1990-1994 (Summary)

Heidi Pettersson

Finnish Institute of Marine Research
P.O. Box 33, FIN-00931 Helsinki, Finland

TIIVISTELMÄ

Raportti sisältää vuosien 1990-94 aallokon suuntamittausten tuloksia Suomenlahdelta. Perustilastojen lisäksi esitellään alueen aallokon ominaispiirteitä. Suomenlahden kapea muoto ohjaa aallokon suuntaa voimakkaasti lahden suuntaiseksi, ts. hallitsivimmat aallokon tulosuunnat ovat lounais- ja itäsuunnat. Lisäksi varsinaisen Itämeren vaikutus voidaan usein nähdä aaltospektrin matalilla taajuuksilla lounais-suuntaisina komponentteina.

Avainsanat: Suomenlahti, aallokko, suuntamittaus, tilastot, Itämeri

ABSTRACT

The report presents results of wave measurements made in the Gulf of Finland in 1990-94. In addition to the basic wave statistics, some characteristics of wind waves in this area are presented. The narrow shape of the Gulf of Finland controls the mean direction of the waves so that the dominant wave directions are along the gulf, from southwest and from east. Also the influence of the Baltic Proper is often visible as southwestern components at lower frequencies of the wave spectrum. A summary in English is included in the report.

Keywords: Gulf of Finland, wind waves, directional measurements, statistics, Baltic Sea

SUMMARY

The report presents directional wave statistics from the Gulf of Finland. The measurements were made in 1990-1994 at two locations by Finnish Institute of Marine Research. Both stations situated about 30 km from the Finnish coast (Fig. 1):

	Helsinki	Porkkala
latitude	59°57.9 N	59°44.5 N
longitude	25°14.1 E	24°18.5 E

The depth of water at the measuring sites was 60 meters. The total length of the measuring periods in 1990-92 and 1994 at station Helsinki was about 4.5 months (2802 measurements) and about 6.5 months (4446 measurements) at station Porkkala in 1993.

The wind data were provided by the Finnish Meteorological Institute from the automatic marine weather station Kalbådagrund (59°59.2' N, 25°36.2' E, Fig. 1.). The measuring height at this caisson light house is 32 meters. The air temperature (Figs. 16-19) was obtained 1990-92 from the weather station at the pilot station of Harmaja (Fig. 1, measuring height 5 m) and in 1993-94 from Kalbådagrund (measuring height 25.6 m).

Waves were measured by a Directional Waverider buoy (Datawell b.v.), which measures acceleration in three directions. Thus by the help of buoy's fluxgate compass the direction of the waves can be determined. Frequency spectrum $S(f)$, mean directions and directional spreadings over 1600 s time se-

ries are calculated on board the buoy following Longuet-Higgins et al. (1963). The spectrum of 64 frequency bins, basic parameters and 20 minutes displacement time series were recorded to a computer at the receiving station every hour. The buoy measures also the sea surface temperature about 45 cm below the surface. The lowest measurable period, 1.8 s, is determined by the dimensions of the buoy and the highest period in moored configuration given by the manufacturer is 20 s.

The significant wave height is

$$H_s = 4 \sqrt{\frac{E_{tot}}{\rho g}} \quad \text{where the total energy is} \quad E_{tot} = \rho g \int_0^{\infty} S(f) df$$

and ρ is the density of water and g the acceleration of gravity. The integral has been solved by trapezoid method from frequency bands between 0.05-0.58 Hz. Peak wave frequency f_p is the frequency of fundamental maximum in the spectrum and it was determined by a parabolic fit. The corresponding peak wave period is $T_p = 1/f_p$. The direction of the waves in the time series is the mean direction at the spectral maximum and it refers to the direction the waves are coming from.

The correspondence between wave period and wave length in deep water is given in Table 1. Table 2 contains the highest and mean values of significant wave heights and peak wave periods in different seasons. The corresponding histograms are in Figs. 20-23. The seasons are defined as follows:

summer:	May-August
autumn:	September-November
winter:	December-January

The significant wave height of 4.0 m that was measured at station Helsinki in November 1991 is the highest significant wave height ever measured in the area. The mean direction of the waves was from east (Fig. 29). Because of the narrow shape of the Gulf of Finland, the waves are not expected to grow higher than this (Pettersson 1991), but corresponding heights can be reached during both eastern and southwestern winds.

The mean direction of the waves in the Gulf of Finland is often along the gulf, as can be seen in the time series in Figs. 2-15. The mean directions of the waves are concentrated to narrow sectors defined by the geometry of the gulf in southwestern and eastern directions while the wind directions are more evenly spread (Table 3). The influence of the shape of the Gulf of Finland is clearly visible in Fig. 28 where the wind and wave directions are plotted against each others. The data set in this Figure consists of steady-state situations (according to wind measurements at Kalbådagrund). The swell cases are excluded from the data set. Figure 30 shows a typical slanting fetch case as described by Donelan et al. 1985: the waves at higher frequencies are aligned with the southeastern wind, while the peak of the spectrum has the direction of the longer fetch component.

The distributions of significant wave height and peak wave period in different directions are given in Figs. 24-27. The narrowness of the Gulf of Finland results in reduced wave growth along the gulf (Kahma and Pettersson 1994), but because of the short fetches in the north and south directions the highest values are still found in east and southwest directions.

Fig. 31 shows the spectrum of the highest measured waves during southern winds. One typical feature of the wave field in this area is the southeast components at lower frequencies indicating the influence of the Baltic Proper. In Fig. 32 there is a case where the wind has been from northwest 24 hours before the measurement. The southwestern swell that cause the bimodality in the spectrum was present nearly from the beginning of the event. The last example of spectra shows a case where the local wind has turned from east to southwest in three hours resulting in a bimodal spectrum with opposing directions (Fig. 33).

Acknowledgements

To the staff of the pilot stations of Harmaja and Porkkala for making our measurements possible and to K.K. Kahma (FIMR) and to H. Söderman (FIMR).

1. MITTAUKSET

Merentutkimuslaitos on 70-luvun alkupuolelta lähtien kartoittanut Suomea ympäröivien merialueiden aallokko-oloja. Suomenlahdella on mitattu aallokkoa vuosina 1982-85 Helsingin edustalla, jolloin käytössä pelkästään aallokon korkeutta mittaava aaltopoiju (Kahma ja Pettersson, 1993). Vuosina 1990-92 ja 1994 tehtiin aallokon suuntamittauksia lähes samalla paikalla Helsingin edustalla ja vuonna 1993 Porkkalan edustalla. Mittauspaikkojen sijainnit (kuva 1) olivat:

	Helsinki	Porkkala
latitudi	59°57,9 N	59°44,5 N
longitudi	25°14,1 E	24°18,5 E

Helsingin pisteellä veden syvyys oli 60 m. Keskimääräiset etäisyydet rantoihin olivat itäsuunnalla noin 153 kilometriä, etelässä 56 kilometriä, lounaassa 390 kilometriä ja pohjoisessa 30 kilometriä. Vastaanottolaitteisto sijaitsi vuonna 1990 Vuosaaren telakalla, vuosina 1991-92 Harmajan luotsiasemalla ja vuonna 1994 Kaivopuiston mareografilla. Myös Porkkalan mittauspisteellä ankkurointisyvyys oli 60 m. Tällä pisteellä pyyhkäisymatkat olivat noin 190 kilometriä idästä, 40 kilometriä etelästä, 320 kilometriä lounaasta ja 30 kilometriä pohjoisesta. Vastaanottoasema sijaitsi Porkkalan luotsiasemalla.

Tuloksissa esiintyvät tuulihavainnot ovat Ilmatieteen laitoksen automaattiselta merisääasemalta Kalbådagrundilta (59°59,2 N, 25°36,2 E, kuva 1), jossa mittaukset tehdään kolmen tunnin välein. Merisääasema sijaitsi noin 20 kilometrin päässä Helsingin mittauspisteestä ja 77 kilometrin päässä Porkkalan pisteestä. Tuuli mitataan tällä kasuunimajakalla 32 metrin korkeudessa. Ilman lämpötila saatiin vuosina 1990-92 Harmajan sääasemalta (mittauskorkeus 5,0 m) Kalbådagrundin lämpötila-anturin ollessa epäkunnossa. Vuosien 1993 ja 1994 lämpötilat ovat Kalbådagrundilta (mittauskorkeus 25,6 m).

Mittauslaitteena käytettiin Directional Waverider-aaltopoijua (Datawell b.v.), joka mittaa vedenpinnan liikettä kiihtyvyytensä avulla. Poiju mittaa vertikaalikiihtyvyyden lisäksi myös horisontaalista kiihtyvyyttä kahdessa suunnassa, jolloin myös aallokon suunta on poijun kompassin avulla määrättävissä. Poijun koosta (halkaisija 90 cm) johtuen pienin mitattavissa oleva aallokon periodi on 1.8 s. Poiju ankkuroitiin standardiankkuroinnilla, jolle valmistajan antama periodin yläraja on 20 sekuntia. Poijun lähettämät mittaustulokset, spektri 1600 sekunnin aikasarjasta, perusparametrit ja 20 minuutin vedenkorkeuden vaihteluiden aikasarjat, talletettiin kerran tunnissa vastaanottoaseman tietokoneelle. Poijunmittaa myös veden lämpötilaa anturilla joka sijaitsee noin 45 cm vedenpinnan alapuolella.

Helsingin pisteellä mitattiin yhteensä noin 4,5 kuukauden ajan (2802 mittausta) ja Porkkalan pisteellä 6,5 kuukauden ajan (4446 mittausta).

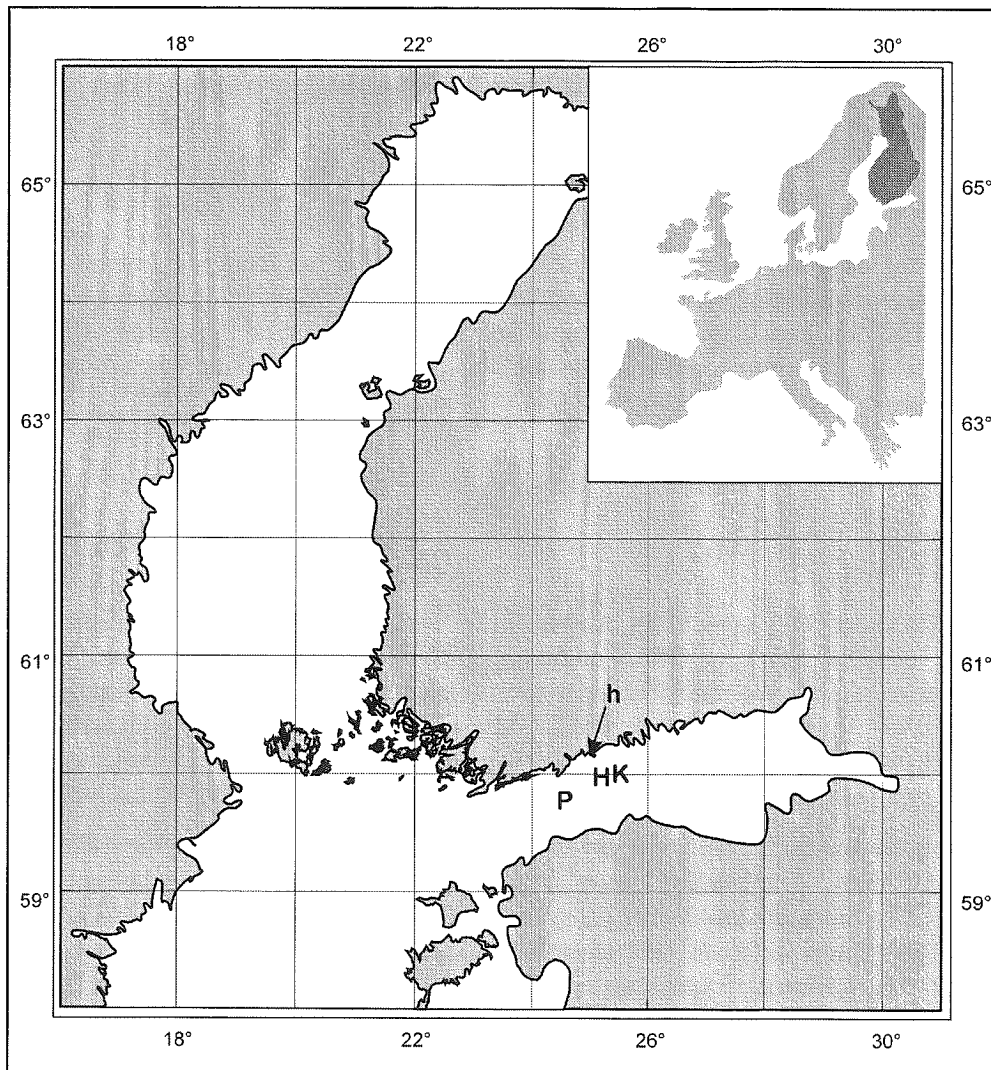
2. TULOSSISSA ESIINTYVÄT PARAMETRIT

Poiju laskee aallokon spektrin suuntatietoineen Longuet-Higgins et al. (1963) esittämän menetelmän mukaisesti. Aallokon spektrissä $S(f)$ on 64 taajuuskaistaa:

$$0,025 - 0,1 \text{ Hz: } \Delta f = 0,005 \text{ Hz}$$

$$0,11 - 0,58 \text{ Hz: } \Delta f = 0,01 \text{ Hz}$$

Spektrin lisäksi lasketaan myös aallokon keskisuunta ja suunnan hajonta samoille taajuuksille.



Kuva 1. Aallokonmittausasemat Helsinki (H) ja Porkkala (P), automaattinen merisääsäsama Kalbåda-ground (K) ja Harmajan sääsäsama (h).

Figure 1. The wave measuring sites Helsinki (H) and Porkkala (P). The weather stations at Kalbåda-ground and at Harmaja are denoted by K and h, respectively.

Spektristä laskettavat perusparametrit ovat määritelty seuraavasti:

Merkitsevä aallonkorkeus H_s on

$$H_s = 4 \sqrt{\frac{E_{tot}}{\rho g}}$$

jossa E_{tot} on aallokon kokonaisenergia pinta-alayksikköä kohden:

$$E_{tot} = \rho g \int_0^{\infty} S(f) df$$

ρ on veden tiheys ja g painovoiman kiihtyvyys. Integraali on laskettu trapetsoidimenetelmällä taajuuksuväliltä 0,05-0,58 Hz.

Huipun taajuus f_p on spektrin maksimikohtaa vastaava taajuus (Hz) joka on laskettu parabolisella sovituksella. Merkitsevä periodi (huipun periodi) on siten

$$T_p = 1/f_p$$

Aikasarjoissa esiintyvät aallokon keskisuunnat ovat puolestaan aallokon tulosuuntia spektrin maksimikohdan taajuudella.

Aallokon periodilla on yhteys aallonpituuteen. Taulukossa 1 on listattu eri periodivälejä vastaavat aallonpituudet syvässä vedessä.

Taulukko 1. Periodivälit ja niitä vastaavat aallonpituudet syvässä vedessä.

Table 1. Period bands and corresponding wave lengths in deep water.

Periodivälit Period bands	Aallonpituusvälit Wave length
> 10 s	> 150 m
8 - 10 s	100 - 150 m
6 - 8 s	55 - 100 m
5 - 6 s	40 - 55 m
4 - 5 s	25 - 40 m
3 - 4 s	15 - 25 m
2 - 3 s	6 - 15 m
< 2 s	< 6 m

3. MITTAUSTULOKSET

Taulukossa 2 on esitetty mitattujen aallonkorkeuksien suurimmat arvot sekä keskiarvot vuodenajoin. Vuodenaikojen jako on tehty seuraavasti:

kesä: touko-elokuu
 syksy: syys-marraskuu
 talvi: joulutammikuu

Helsingin mittauspisteessä mittaukset tehtiin loka-tammikuun välisenä aikana (kuvat 2-8) ja Porkkalassa toukokuusta marraskuuhun (kuvat 9-15). Vuodenaikojen prosentuaaliset osuudet ovat taulukossa 3 ja vuodenajoin jaoteltujen mittausten histogrammit kuvissa 20-23. Mittaukset ovat painottuneet syksyyn, jolloin tilanne on usein epästabili kuten veden ja ilman lämpötilojen aikasarjoista voidaan havaita (kuvat 16-19). Syksyn ja talven kovempien tuulien takia näiden kausien aikana mitataan useimmiten korkeimmat aallokot, mutta myös kesäkaudella aallokko voi kasvaa hyvinkin korkeaksi kuten Porkkalan merkitsevän aallonkorkeuden korkeimman arvon (3,3 metriä) osuminen elokuulle osoittaa (taulukko 2). Helsingin mittauspisteessä mitattiin marraskuussa 1991 4,0 metrin merkitsevä aallonkorkeus, mikä on korkein mitattu aallonkorkeus Suomenlahdella. Tilanne syntyi, kun itätuuli nousi 18 tunnissa täysin tynestä 21 metriin sekunnissa. Tämän aallokon spektri oli koko mitatulta taajuusalueeltaan itäsuuntainen (kuva 29). Helsingin edustalla aallokko ei juuri pääse kasvamaan tätä korkeammaksi lahden kapeuden vuoksi (Pettersson 1991), mutta vastaavia korkeuksia on odotettavissa sekä lounais- että itätuulilla. Suurimmat huipun periodit mitattiin aallokon ollessa lounaissuuntaista (taulukko 2). Porkkalan kesäkauden suurin periodin arvo mitattiin matalan mainingin yhteydessä, muut arvot saavutettiin kovien tuulien aikana. Merkitsevät aallonkorkeudet olivat näissä tilanteissa Helsingin pisteellä 3,5 m (syksy) ja 3,0 m (talvi) sekä Porkkalassa 2,7 m (syksy).

Helsingin pisteellä hallitsevin tuulen suunnan sektori oli lounais-länsi-luode (n. 39 %). Luode-pohjoiskoillinen-sektorin osuus oli n. 21 %, koillinen-itä-kaakko-sektorin n. 14 % ja kaakko-etelä-lounais-sektorin n. 27 %. Porkkalan mittauskautena tuulen suuntajakauma oli tasaisempi: osuudet olivat samassa järjestyksessä 30 %, 18 %, 28 % ja 24 %.

Aallokon keskisuunnan aikasarjoja tarkasteltaessa (kuvat 2-15) näkyy Suomenlahden aallokon tyypillinen piirre: aallokon tulosuunta on usein idästä tai lounaasta, toisin sanoen aallokko on ohjautunut lahden suuntaiseksi. Taulukossa 3 on Suomenlahti jaettu neljään sektoriin lahden geometrian mukaisesti. Mittauspisteiden sijaintieroista johtuen sektorit ovat hieman erilaiset Helsingille ja Porkkalalle. Taulukosta käy ilmi, että Suomenlahden aallokon suunta on painottunut kapeisiin lounais- ja itäsektoreihin, vaikka tuulen suunnat ovat jakautuneet tasaisemmin. Kuvassa 28 on vertailtu tuulen ja aallokon suuntaa nopeudeltaan ja suunnaltaan tasaisten tuulten vallitessa. Tilanteet on valittu Kalbådagrundin tuuliaineiston perusteella ja maininkitapaukset on poistettu. Helsingin mittauksissa tasaisia tuulitilanteita on vähemmän, mutta kummallakin mittauspaikalla Suomenlahden muodon vaikutus tulee selvästi esiin samankaltaisena. Mittausasemien sijaintiero näkyy itä-kaakkoisuunnan tilanteissa joissa aallokon suuntautuminen on hieman voimakkaampaa Porkkalassa kuin Helsingissä. Helsingin pisteen kohdalla Suomenlahti alkaa levenyä kaakkoonpäin, kun taas Porkkala on keskellä Suomenlahden kapeinta kohtaa. Kuvassa 30 on Porkkalan pisteellä mitattu pyyhkäisymatkan rajoittaman aallokon spektri kaakkoistuulilla. Spektrissä näkyy Donelan et al (1985):n esittämän ns. vinon pyyhkäisymatkan spektrin tyypilliset ominaisuudet. Tuulen puhaltaessa vinosti rannan suhteen aallokko on korkeammilla taajuuksilla (lyhyemmät aallot) samansuuntainen kuin tuuli, mutta spektrin huipun taajuuksilla aallot ovat ohjautuneet pidemmän pyyhkäisymatkakomponentin, eli tässä tapauksessa Suomenlahden, suuntaiseksi.

Pitkin kapeata lahtea kasvava aallokko ei myöskään kehity yhtä korkeaksi kuin leveän vesialueen aallot vaikka pyyhkäisymatka ja tuuliolot olisivat samat (Kahma and Pettersson, 1994, Ataktürk and Katsaros, 1999). Suomenlahden keskiosissa pyyhkäisymatkat etelään ja pohjoiseen ovat kuitenkin niin lyhyitä, että korkeimmat merkitsevät aallonkorkeudet ja suurimmat periodit mitattiin yhä itä- ja lounaissektoreissa. Tämä näkyy aallokon suunnan mukaan jaotelluissa merkitsevän aallonkorkeuden ja periodin histogrammeissa (kuvat 24-27).

Helsingin pisteen korkein etelätuulilla mitatun aallokon spektri on kuvassa 31. Aallokko ei ole täysin puhdas eteläaallokko, vaan mukana on myös lounaissuuntaisia matalataajuisempia komponentteja. Tämä on varsin tyypillinen tilanne Suomenlahdella joka kertoo varsinaisen Itämeren vaikutuksesta: alueella on usein matalataajuisempaa lounaasta varsinaiselta Itämereltä kulkeutunutta maininkia. Kuvassa 32 on toinen esimerkki samantyyppisestä tilanteesta Porkkalan edustalta. Paikallinen tuuli oli ollut luoteesta vuorokauden ajan ennen mittausta mutta paikalla on ollut myös lounaismaininkia lähes koko ajan. Viimeisenä esimerkkinä on kuvassa 33 tilanne, jossa paikallinen tuuli oli kolmen tunnin kuluessa kääntynyt idästä lounaaseen ja mittaushetkellä paikalla oli kaksi samankorkuista mutta vastakkaisuuntaista aallokkoa.

Kiitokset

Harmajan ja Porkkalan luotsiasemien henkilökunnalle hyvästä yhteistyöstä sekä K.K. Kahmalle (MTL) ja H. Södermanille (MTL).

LÄHTEET

- Ataktürk, S.S. and Katsaros, K.B. 1999: Wind stress and surface waves observed on Lake Washington. – J. Phys. Oceanography, vol. 29: 633-650.
- Donelan, M.A, Hamilton, J. and Hui, W.H. 1985: Directional spectra of wind-generated waves. – Phil. Trans. R. Soc. Lond. A315: 509-562.
- Kahma, K. ja Pettersson, H. 1993: Aaltohavaintoja Suomenlahdelta 1982-1985. -Wave statistics from the Gulf of Finland. – Merentutkimuslaitos. Sisäinen raportti 1993(1), – 31 p.
- Kahma, K.K., and Pettersson, H. 1994: Wave growth in a narrow fetch geometry. – Global Atmos. Ocean System, vol. 2: 253-263.
- Longuet-Higgins, M.S., Cartwright, D.E. and Smith, N.D. 1963: Observations of the directional spectrum of sea waves using the motion of a floating buoy. – In: Ocean Wave Spectra, Proceedings, Nat. Acad. of Science: 111-132.
- Pettersson, H. 1991: Suomenlahden maksimiaalto. – Pro gradu, Helsingin yliopisto, geofysiikan laitos, 54 p. +12 liitesivua.

Taulukko 2. Helsingin ja Porkkalan aaltomittausten suurimmat mitatut merkitsevät aallonkorkeudet (H_s) vastaavine merkitsevine periodeineen (T_p) ja suuntineen (dir) sekä suurimmat merkitsevät periodit (max T_p) suuntineen ja keskiarvot.

Table 2. The highest significant wave heights (H_s) with corresponding peak wave periods (T_p) and directions (dir) and the highest peak wave periods (max T_p) and their directions and the mean values measured at stations Helsinki and Porkkala.

Suurimmat arvot/ the highest values	Helsinki 1990-92, 1994			Porkkala 1993		
	H_s	vastaava T_p /dir corresponding T_p /dir	max T_p /dir	H_s	vastaava T_p /dir corresponding T_p /dir	max T_p /dir
kesä/summer	-	-	-	3.3 m	7.3 s/254°	9.7 s /250°
syksy/autumn	4.0 m	8.2 s / 95°	11.1 s/ 240°	3.1 m	8.1 s/248°	9.0 s/251°
talvi/winter	3.4 m	10.3 s / 253°	10.5 s/ 237°	-	-	-

Keskiarvot/ mean values	Helsinki 1990-92, 1994		Porkkala 1993	
	H_s	T_p	H_s	T_p
kesä/summer	-	-	0.7 m	4.7 s
syksy/autumn	1.1 m	5.1 s	1.0 m	4.8 s
talvi/winter	1.3 m	5.6 s	-	-

Taulukko 3. Vuodenaikojen ja suuntien prosentuaaliset osuudet koko havaintoaineistosta.

Table 3. The seasonal and directional percentages of the measurements.

Helsinki 1990-92, 1994

aallot / waves $N_{tot}=2802$

tuuli / wind $N_{tot}=1042$

suunta / direction	265-54 deg	55-124 deg	125-224 deg	225-264 deg
aallokko / waves	14.0 %	20.4 %	12.8 %	52.8 %
tuuli / wind	44.6 %	10.6 %	28.9 %	16.0 %
vuodenajat / seasons	kevät/spring	kesä /summer	syksy/autumn	talvi/winter
	-	-	57.4 %	42.6 %

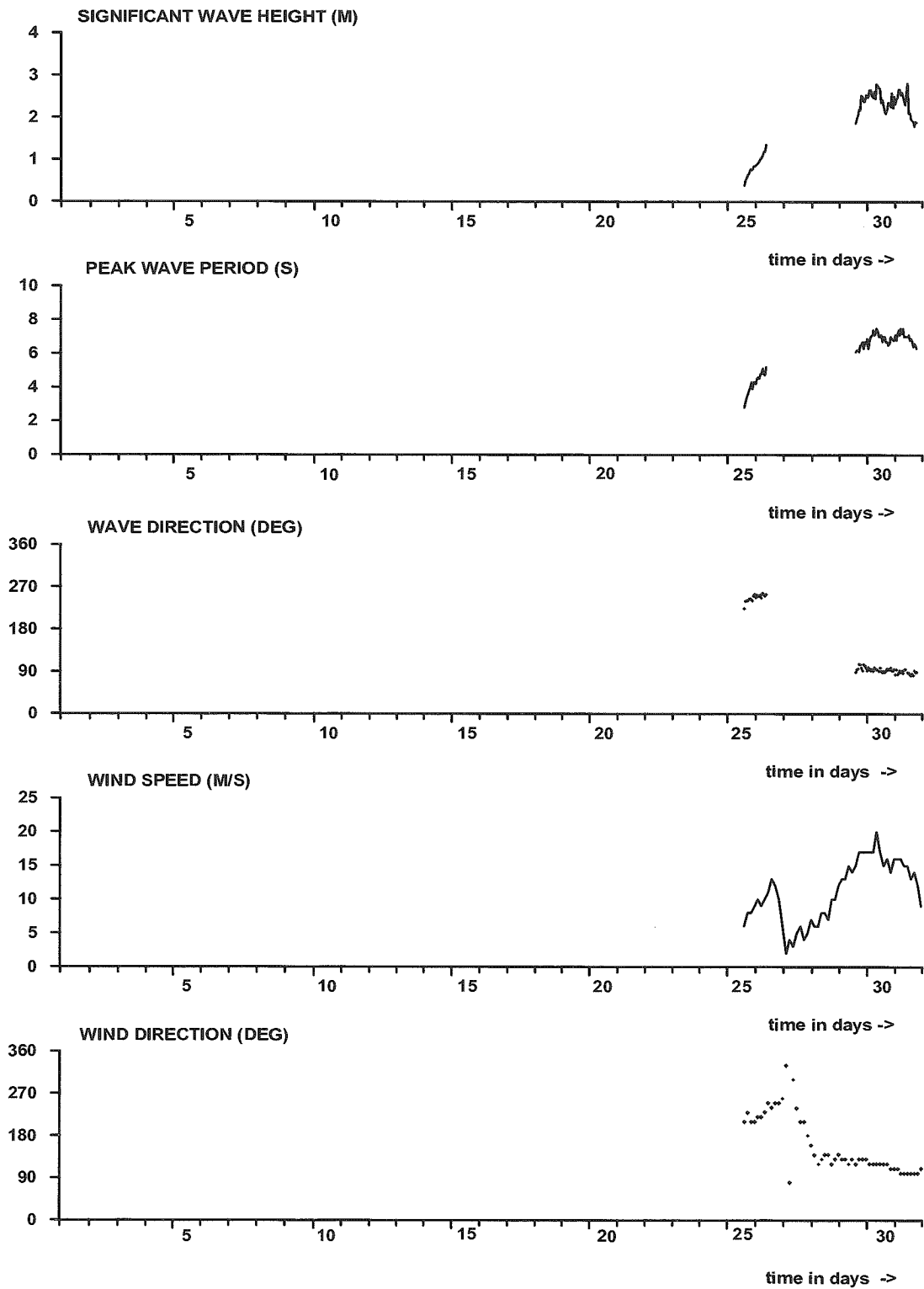
Porkkala 1993

aallot / waves $N_{tot}=4446$

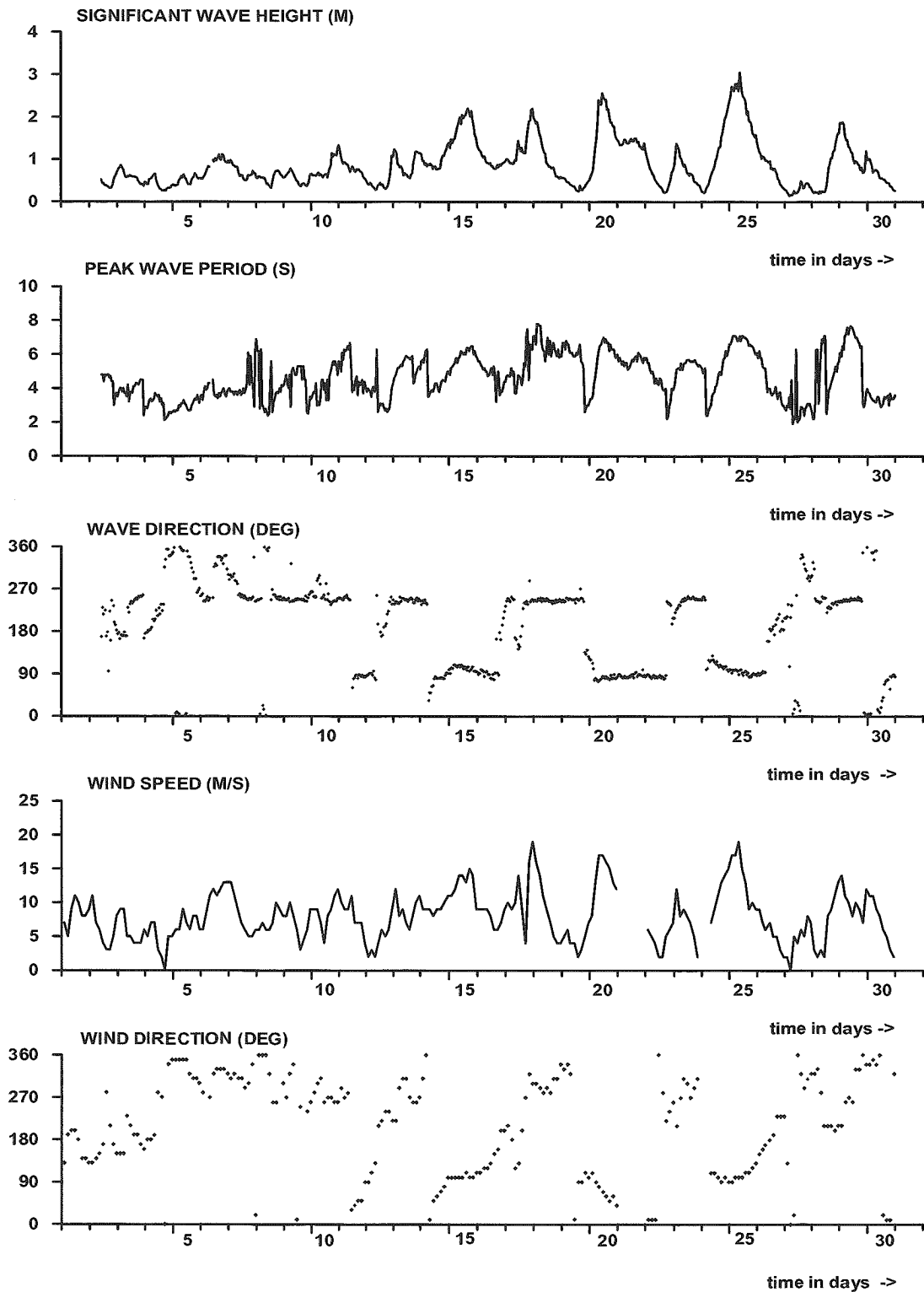
tuuli / wind $N_{tot}=1527$

suunta / direction	275-54 deg	55-99 deg	100-229 deg	230-274 deg
aallokko / waves	9.4 %	27.9 %	11.0 %	51.6 %
tuuli / wind	30.3 %	12.6 %	36.6 %	20.6 %
vuodenajat / seasons	kevät/spring	kesä /summer	syksy/autumn	talvi/winter
	-	54.2%	45.8 %	-

HELSINKI October 1990



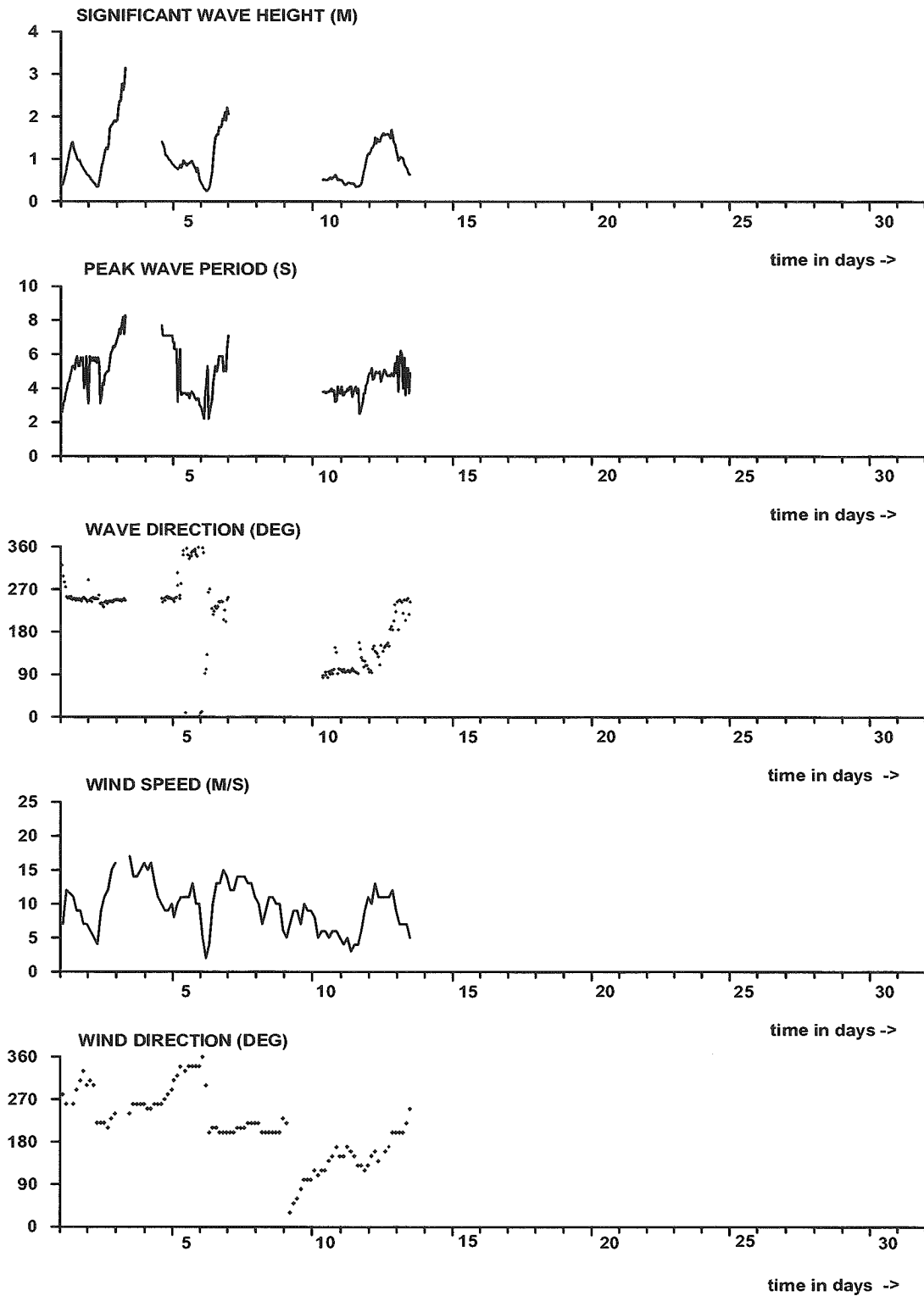
Kuva 2. Aaltohavaintojen aikasarjat Helsingin pisteellä lokakuussa 1990. Tuulitiedot: Kalbådagrund.
 Figure 2. Time series of wave measurements from station Helsinki in October 1990. Wind observations: Kalbådagrund.

HELSINKI November 1990

Kuva 3. Aaltohavaintojen aikasarjat Helsingin pisteellä marraskuussa 1990. Tuulitiedot: Kalbådagrund.

Figure 3. Time series of wave measurements from station Helsinki in November 1990. Wind observations: Kalbådagrund.

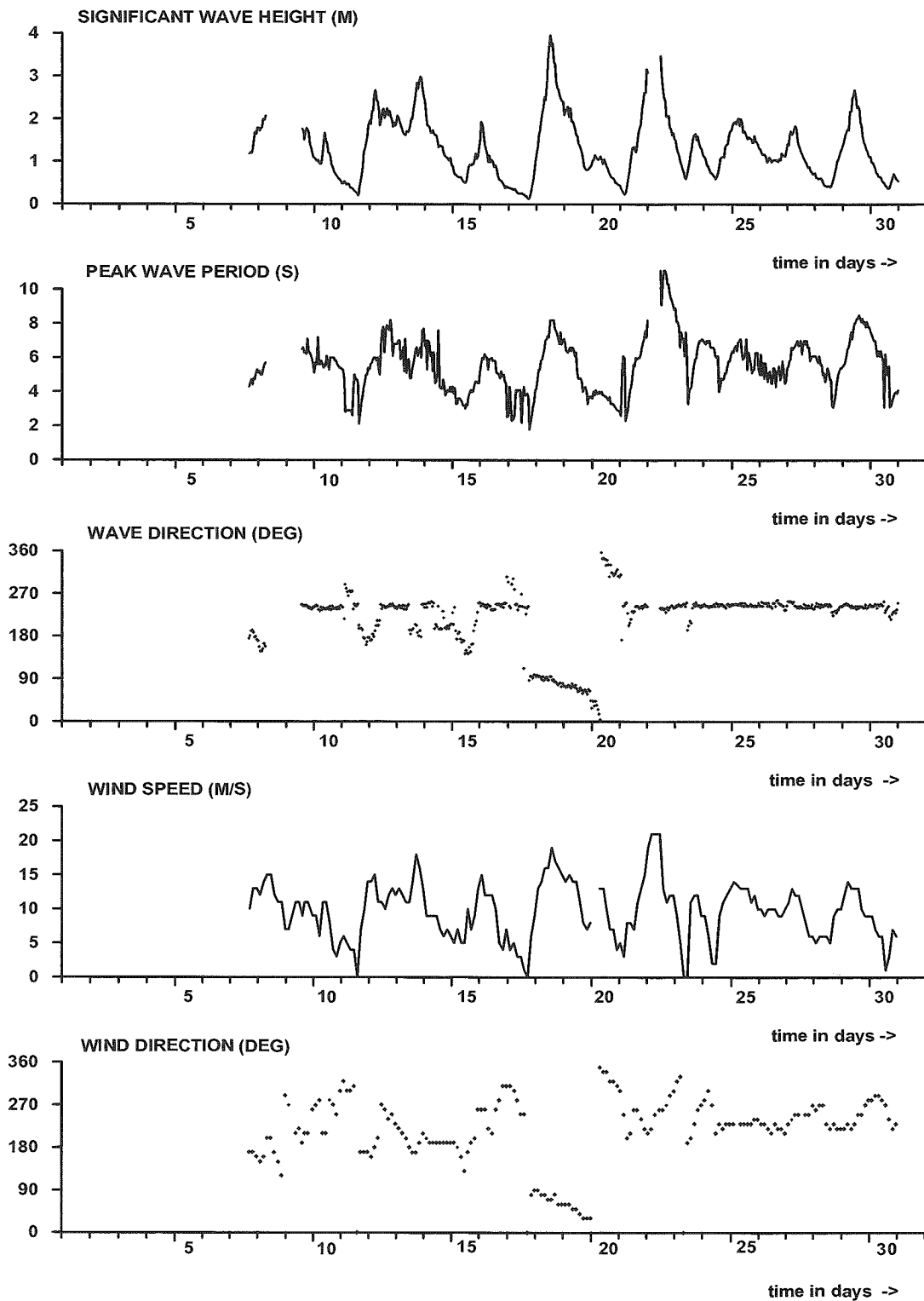
HELSINKI December 1990



Kuva 4. Aaltohavaintojen aikasarjat Helsingin pisteellä joulukuussa 1990. Tuulitiedot: Kalbådagrund.

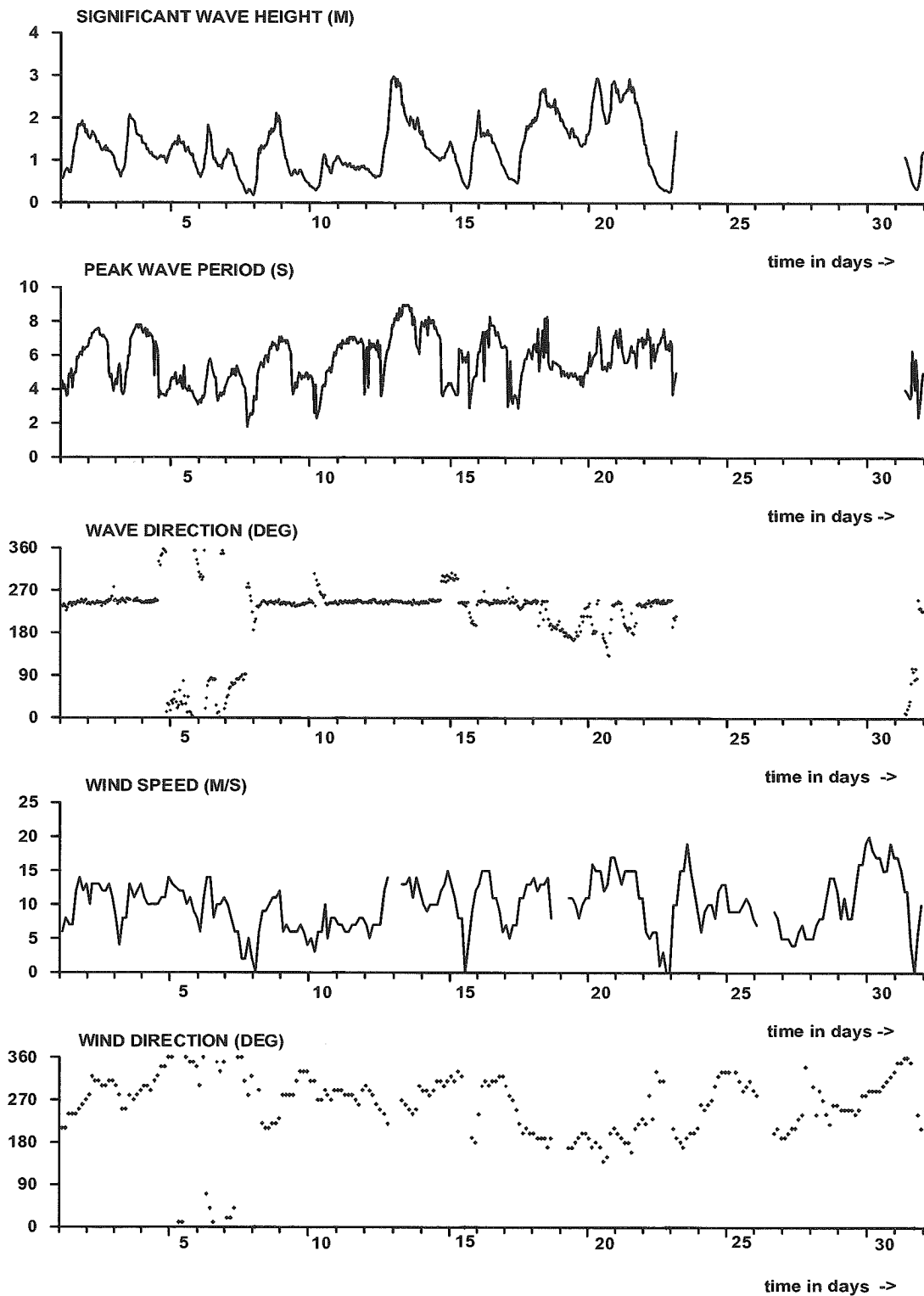
Figure 4. Time series of wave measurements from station Helsinki in December 1990. Wind observations: Kalbådagrund.

HELSINKI November 1991



Kuva 5. Aaltohavaintojen aikasarjat Helsingin pisteellä marraskuussa 1991. Tuulitiedot: Kalbådagrund.
 Figure 5. Time series of wave measurements from station Helsinki in November 1991. Wind observations: Kalbådagrund.

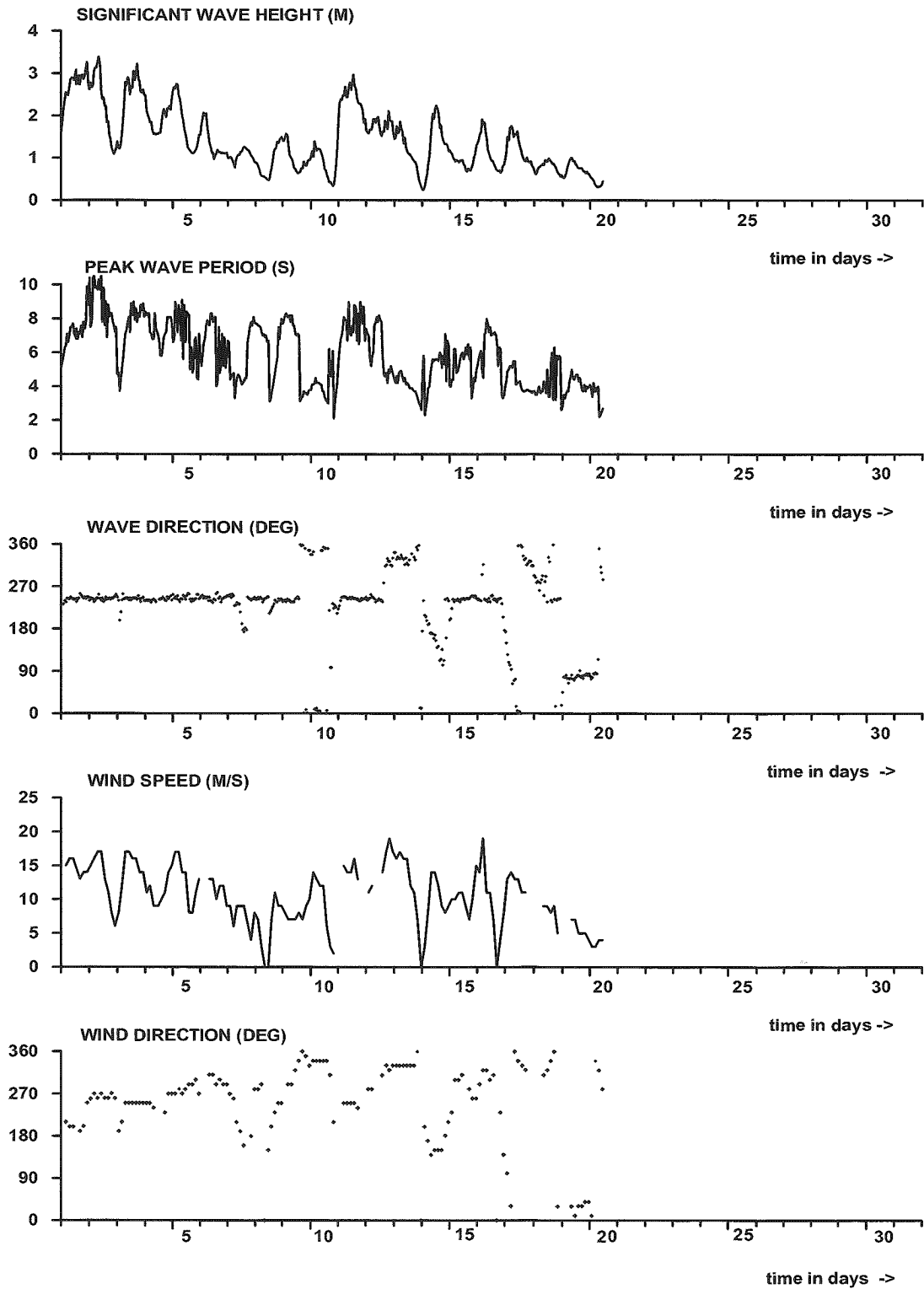
HELSINKI December 1991



Kuva 6. Aaltohavaintojen aikasarjat Helsingin pisteellä joulukuussa 1991. Tuulitiedot: Kalbådagrund.

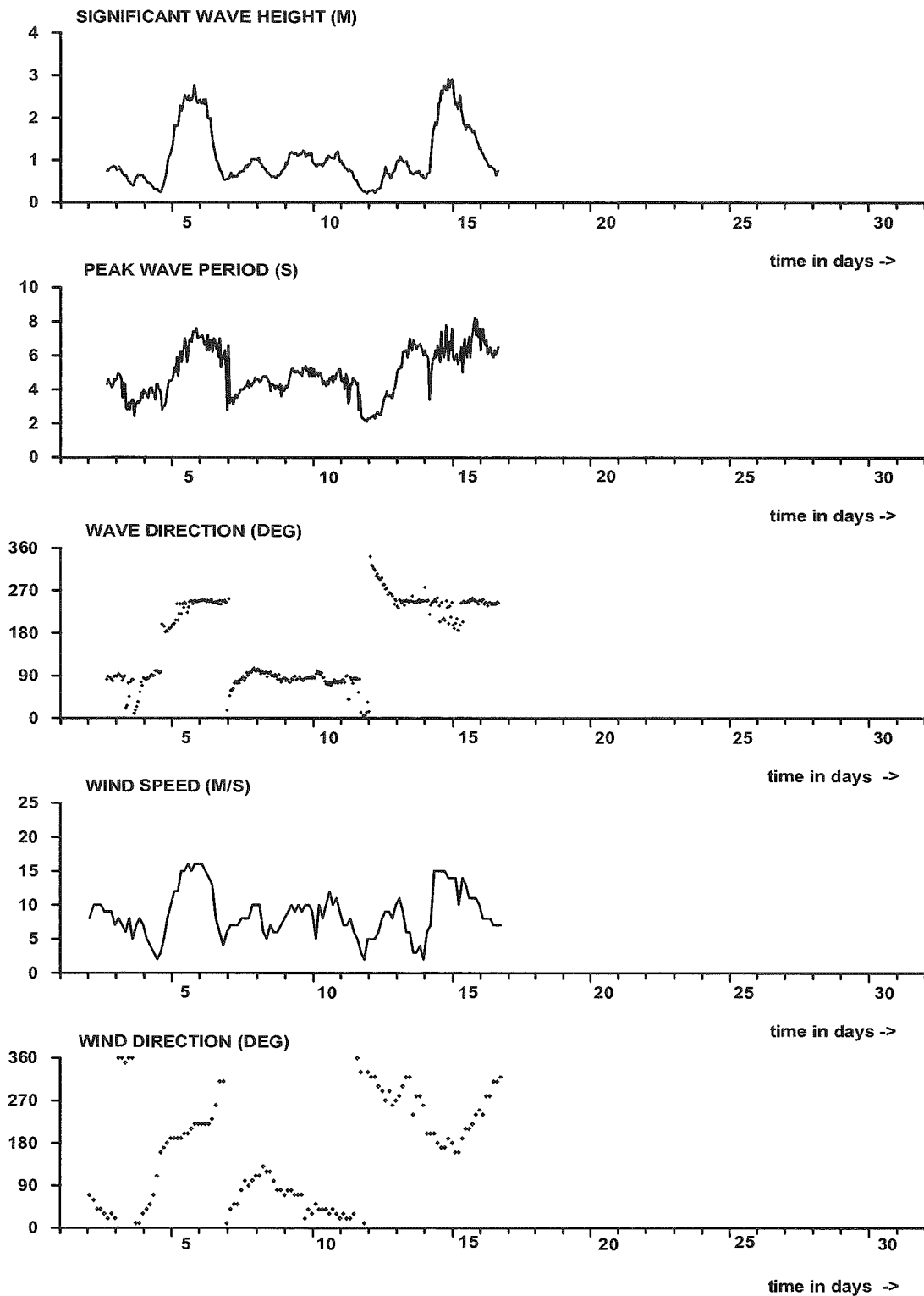
Figure 6. Time series of wave measurements from station Helsinki in December 1991. Wind observations: Kalbådagrund.

HELSINKI January 1992



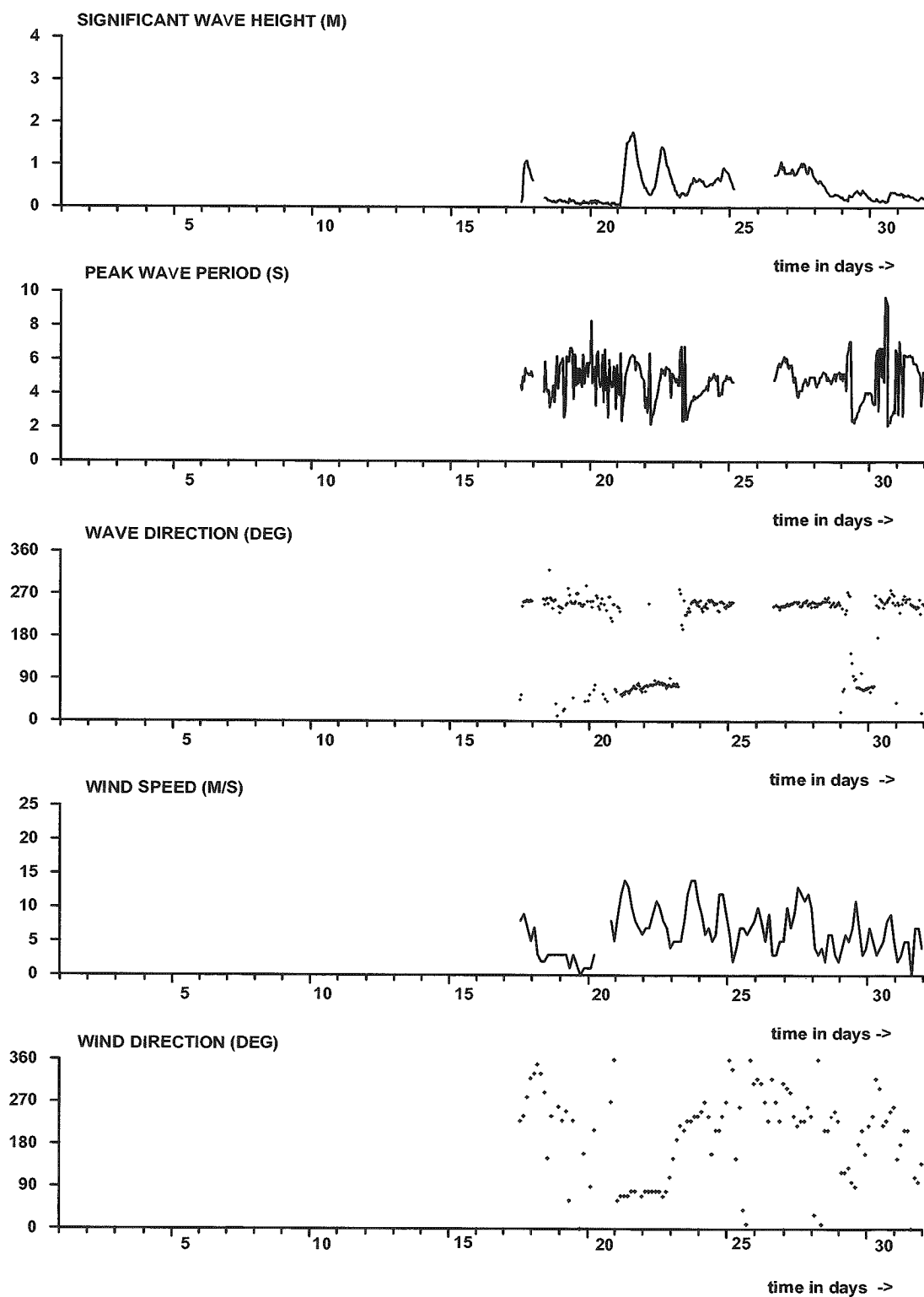
Kuva 7. Aaltohavaintojen aikasarjat Helsingin pisteellä tammikuussa 1992. Tuulitiedot: Kalbådagrund.
 Figure 7. Time series of wave measurements from station Helsinki in January 1992. Wind observations: Kalbådagrund.

HELSINKI November 1994



Kuva 8. Aaltohavaintojen aikasarjat Helsingin pisteellä marraskuussa 1994. Tuulitiedot: Kalbådagrund.
 Figure 8. Time series of wave measurements from station Helsinki in November 1994. Wind observations: Kalbådagrund.

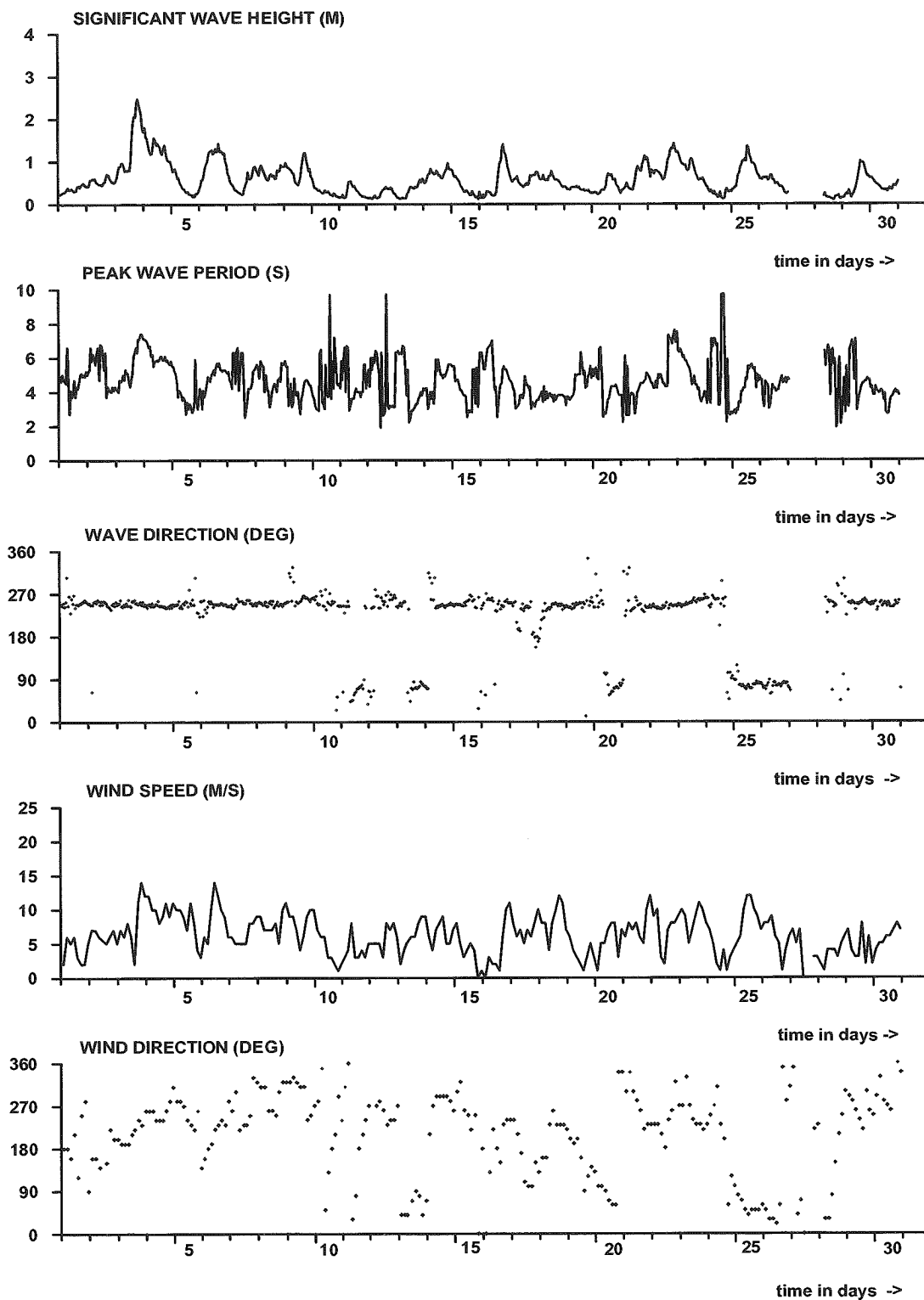
PORKKALA May 1993



Kuva 9. Aaltohavaintojen aikasarjat Porkkalan pisteellä toukokuussa 1993. Tuulitiedot: Kalbådagrund.

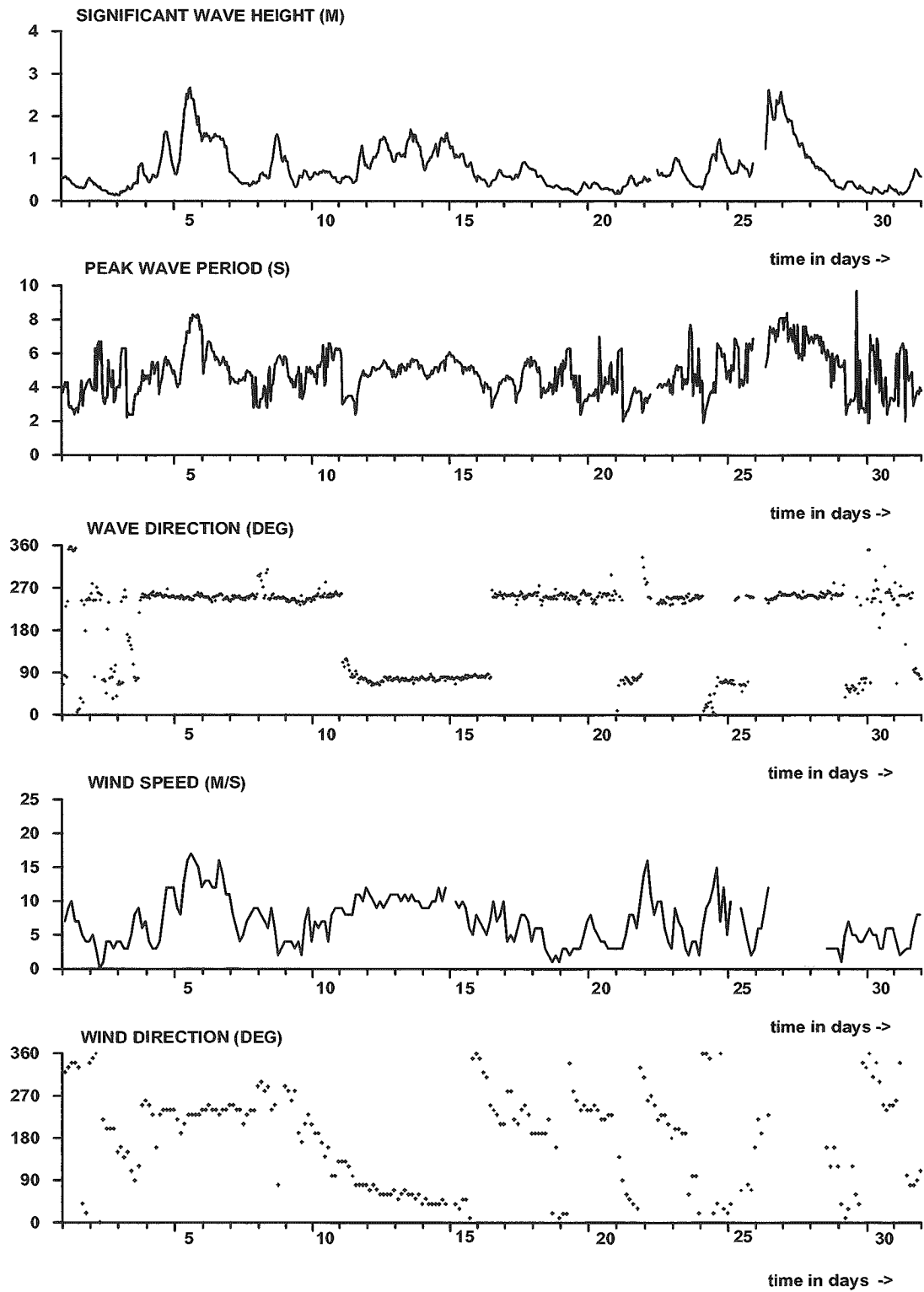
Figure 9. Time series of wave measurements from station Porkkala in May 1993. Wind observations: Kalbådagrund.

PORKKALA June 1993



Kuva 10. Aaltohavaintojen aikasarjat Porkkalan pisteellä kesäkuussa 1993. Tuulitiedot: Kalbådagrund.
 Figure 10. Time series of wave measurements from station Porkkala in June 1993. Wind observations: Kalbådagrund.

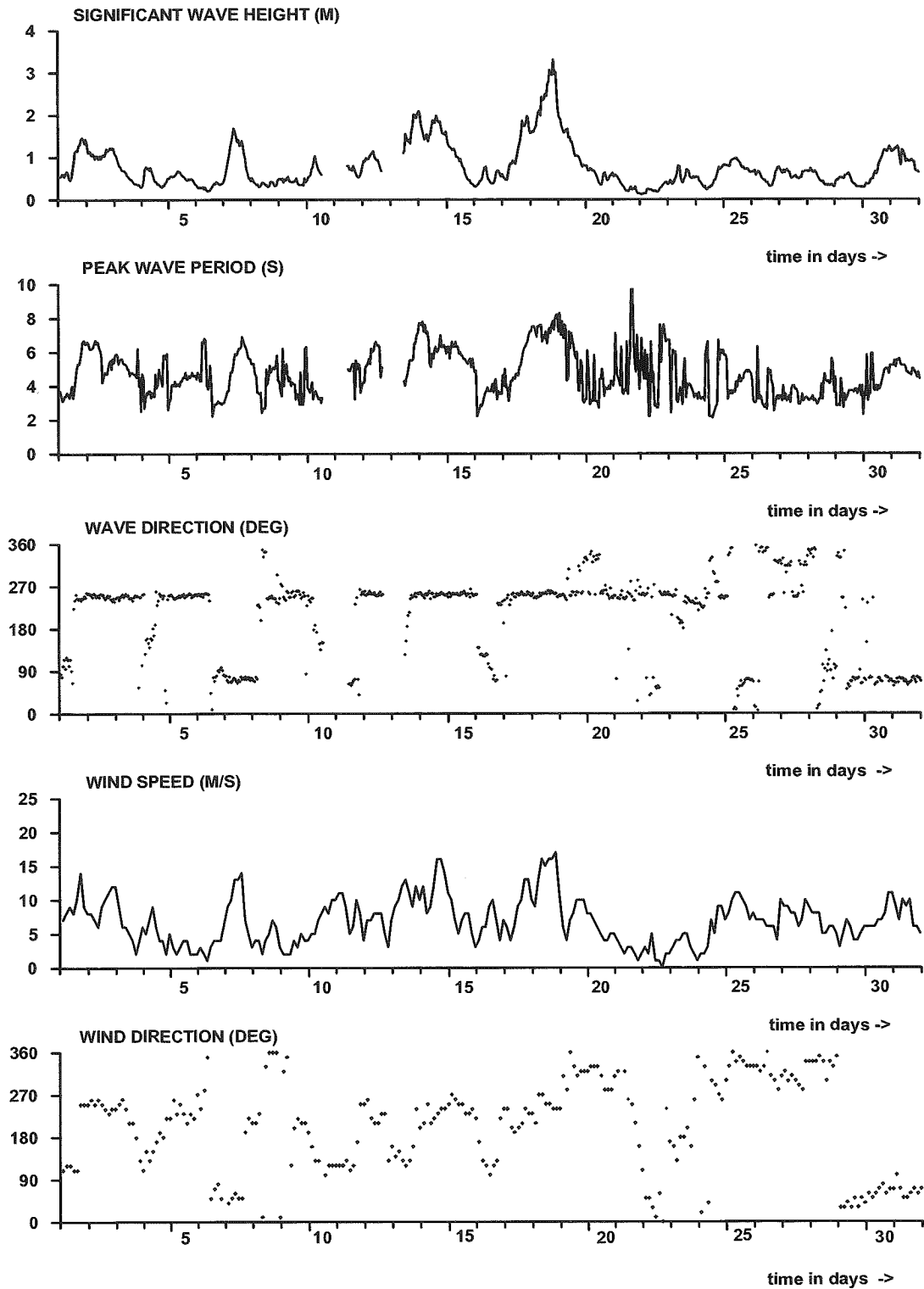
PORKKALA July 1993



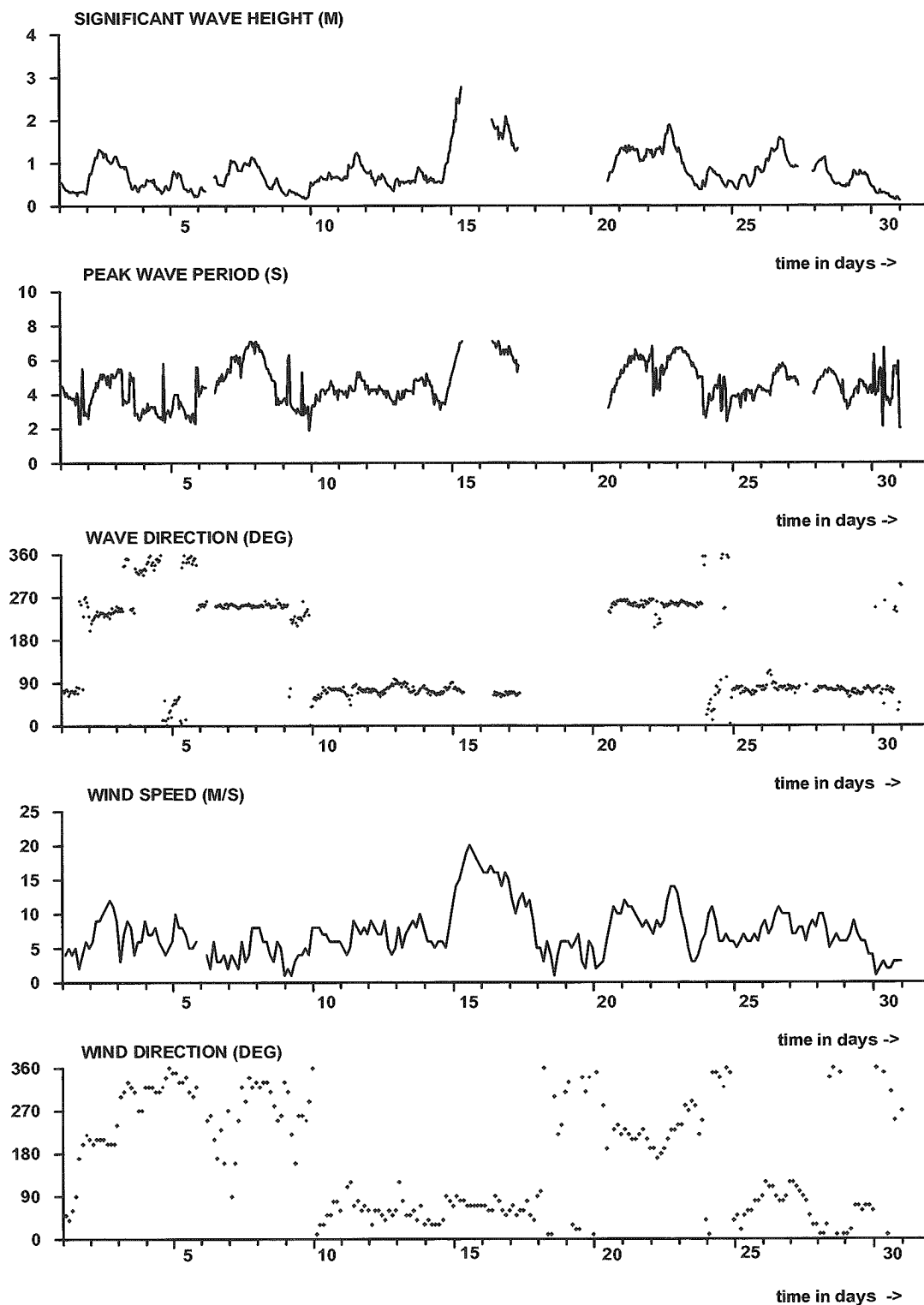
Kuva 11. Aaltohavaintojen aikasarjat Porkkalan pisteellä heinäkuussa 1993. Tuulitiedot: Kalbådagrund.

Figure 11. Time series of wave measurements from station Porkkala in July 1993. Wind observations: Kalbådagrund.

PORKKALA August 1993



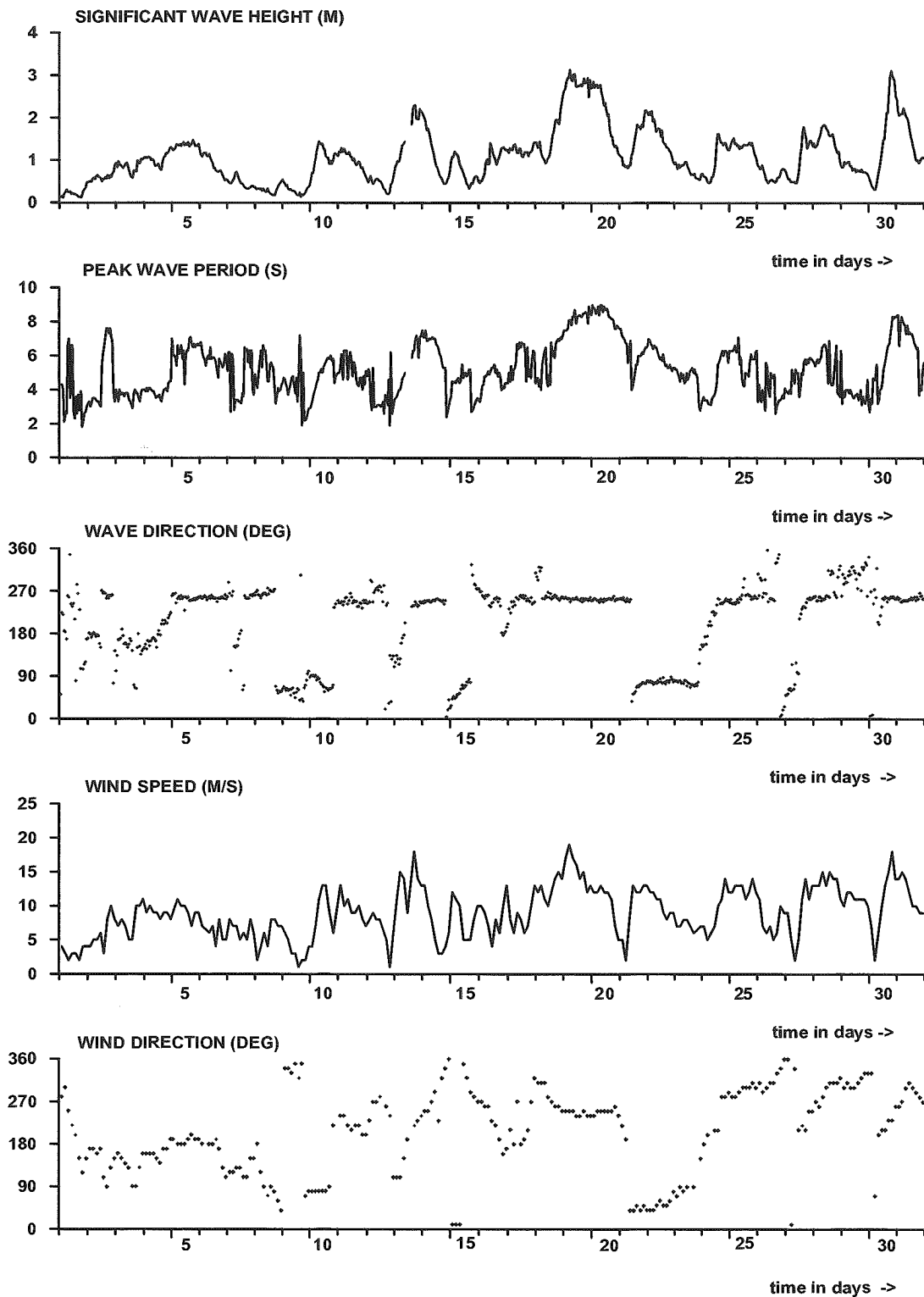
Kuva 12. Aaltohavaintojen aikasarjat Porkkalan pisteellä elokuussa 1993. Tuulitiedot: Kalbådgrund.
Figure 12. Time series of wave measurements from station Porkkala in August 1993. Wind observations: Kalbådgrund.

PORKKALA September 1993

Kuva 13. Aaltohavaintojen aikasarjat Porkkalan pisteellä syyskuussa 1993. Tuulitiedot: Kalbådagrund.

Figure 13. Time series of wave measurements from station Porkkala in September 1993. Wind observations: Kalbådagrund.

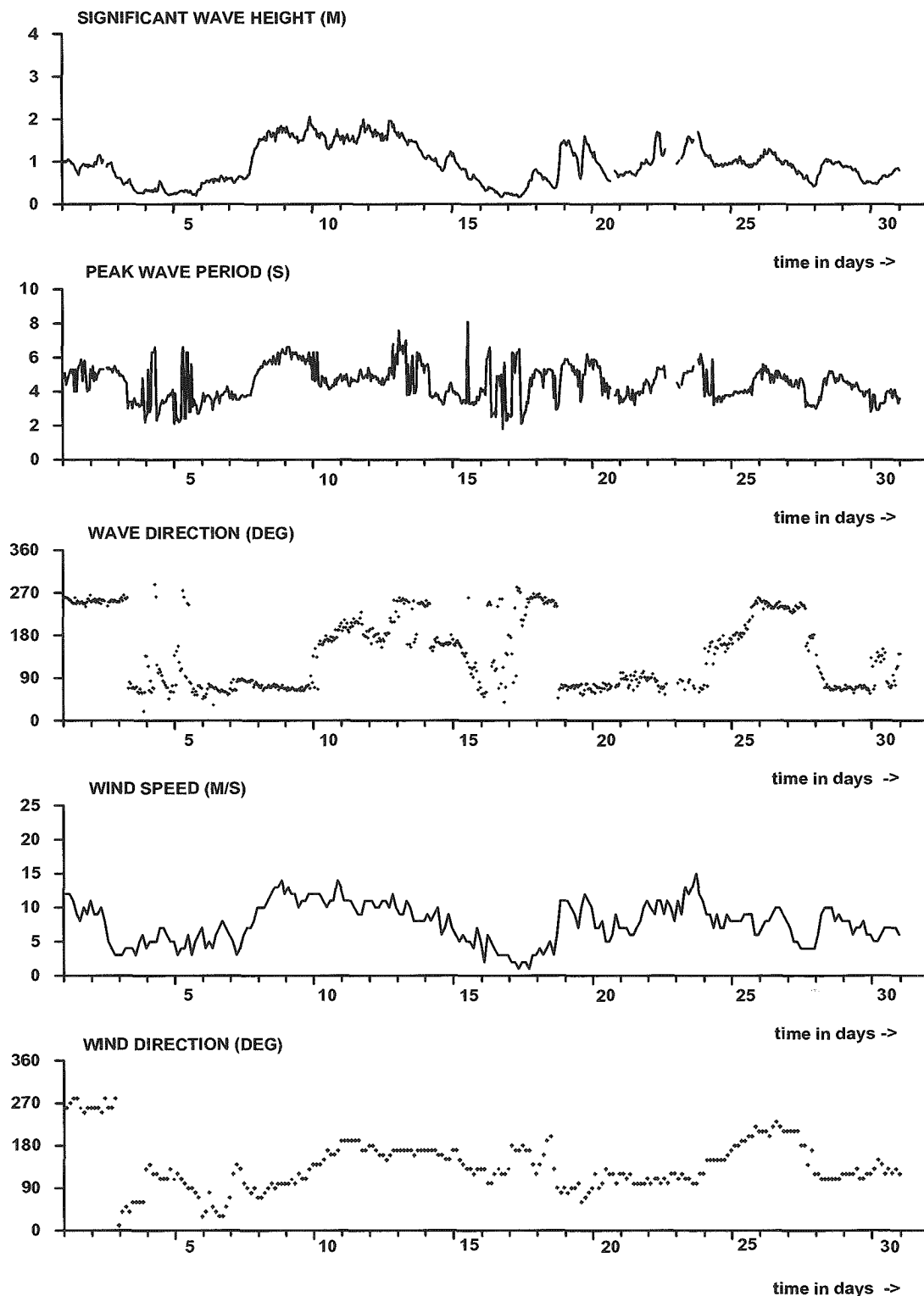
PORKKALA October 1993



Kuva 14. Aaltohavaintojen aikasarjat Porkkalan pisteellä lokakuussa 1993. Tuulitiedot: Kalbådagrund.

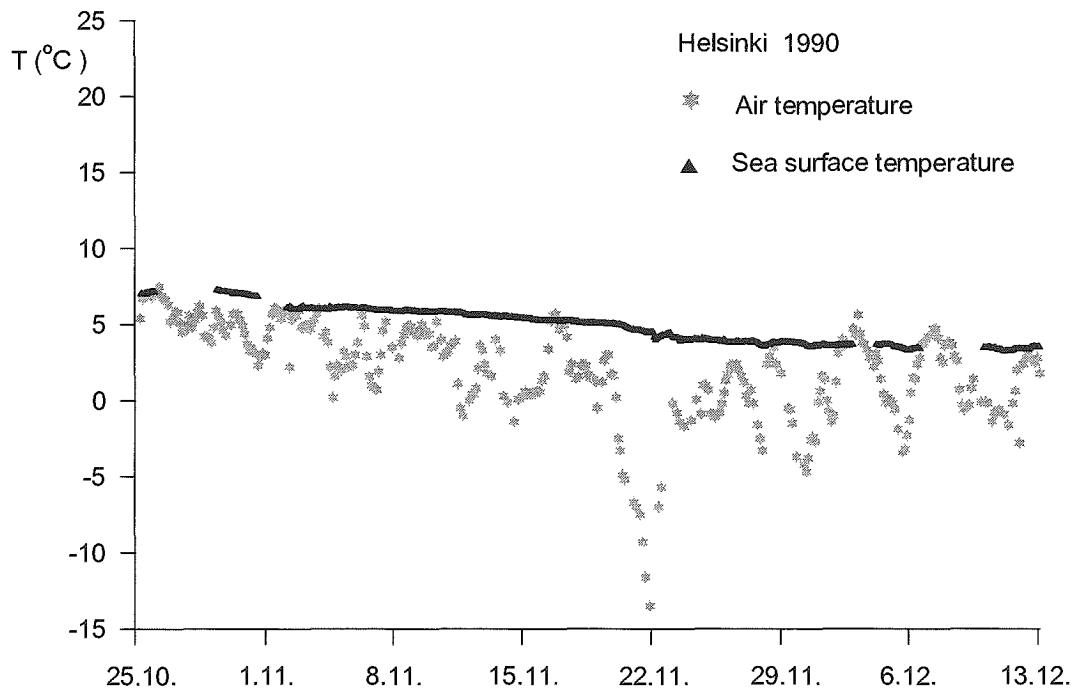
Figure 14. Time series of wave measurements from station Porkkala in October 1993. Wind observations: Kalbådagrund.

PORKKALA November 1993

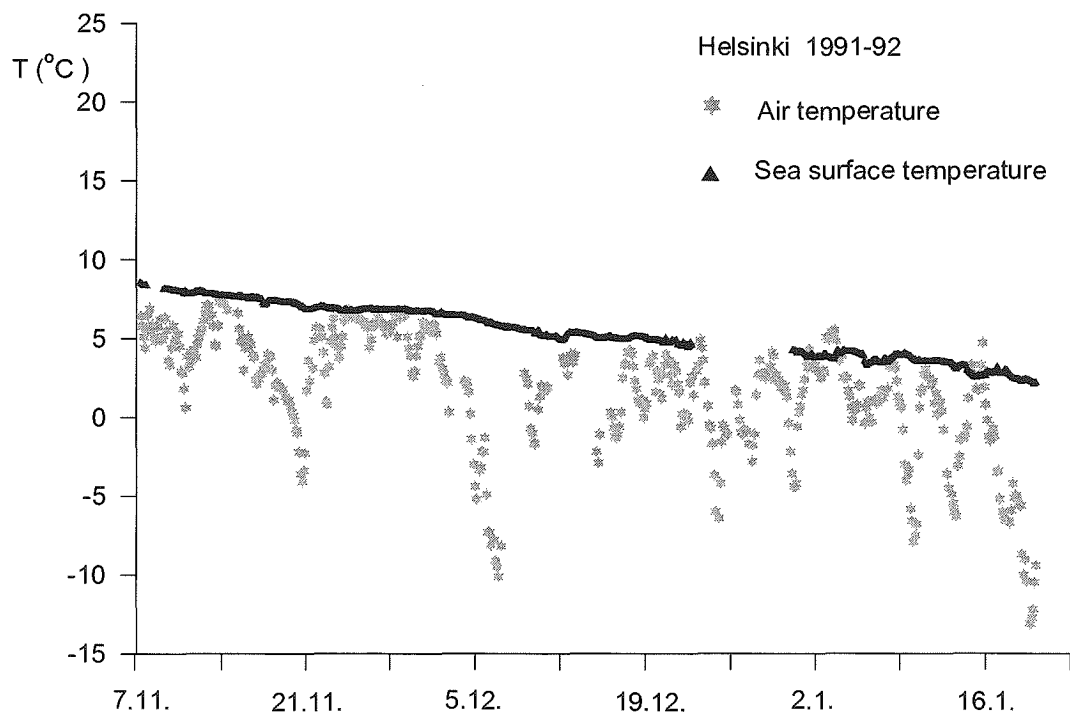


Kuva 15. Aaltohavaintojen aikasarjat Porkkalan pisteellä marraskuussa 1993. Tuulitiedot: Kalbådagrund.

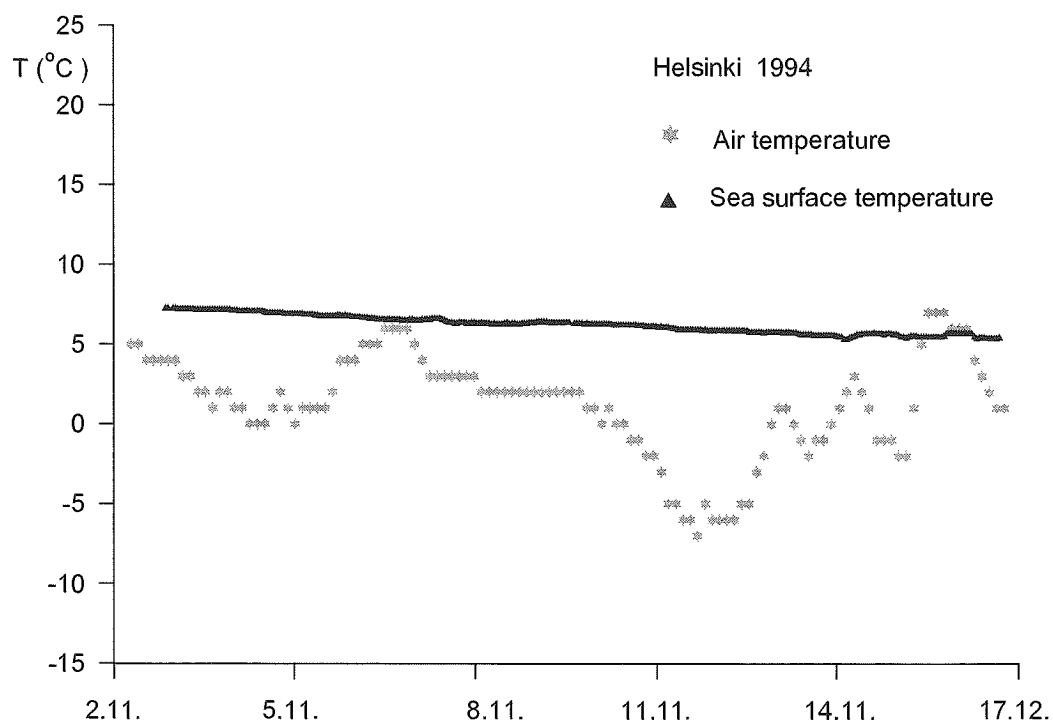
Figure 15. Time series of wave measurements from station Porkkala in November 1993. Wind observations: Kalbådagrund.



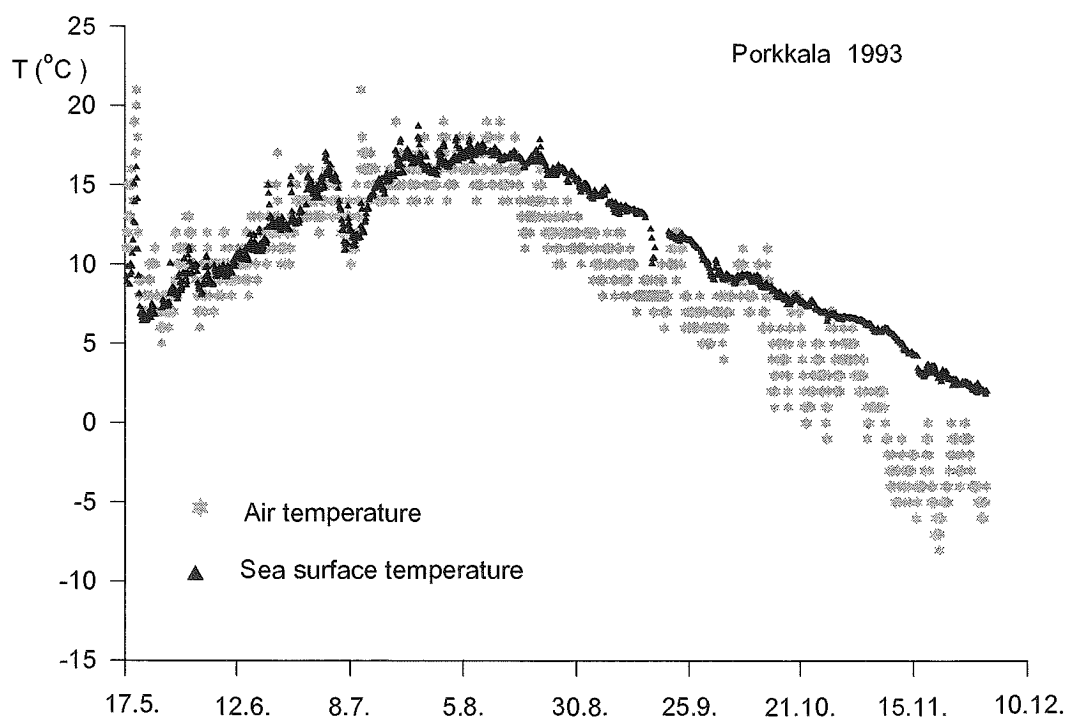
Kuva 16. Ilman (Harmaja) ja veden pinnan lämpötilojen aikasarjat Helsingin pisteellä vuonna 1990.
 Figure 16. Time series of the air (Harmaja) and sea surface temperatures from station Helsinki in 1990.



Kuva 17. Ilman (Harmaja) ja veden pinnan lämpötilojen aikasarjat Helsingin pisteellä vuosina 1991-92.
 Figure 17. Time series of the air (Harmaja) and sea surface temperatures from station Helsinki in 1991-92.

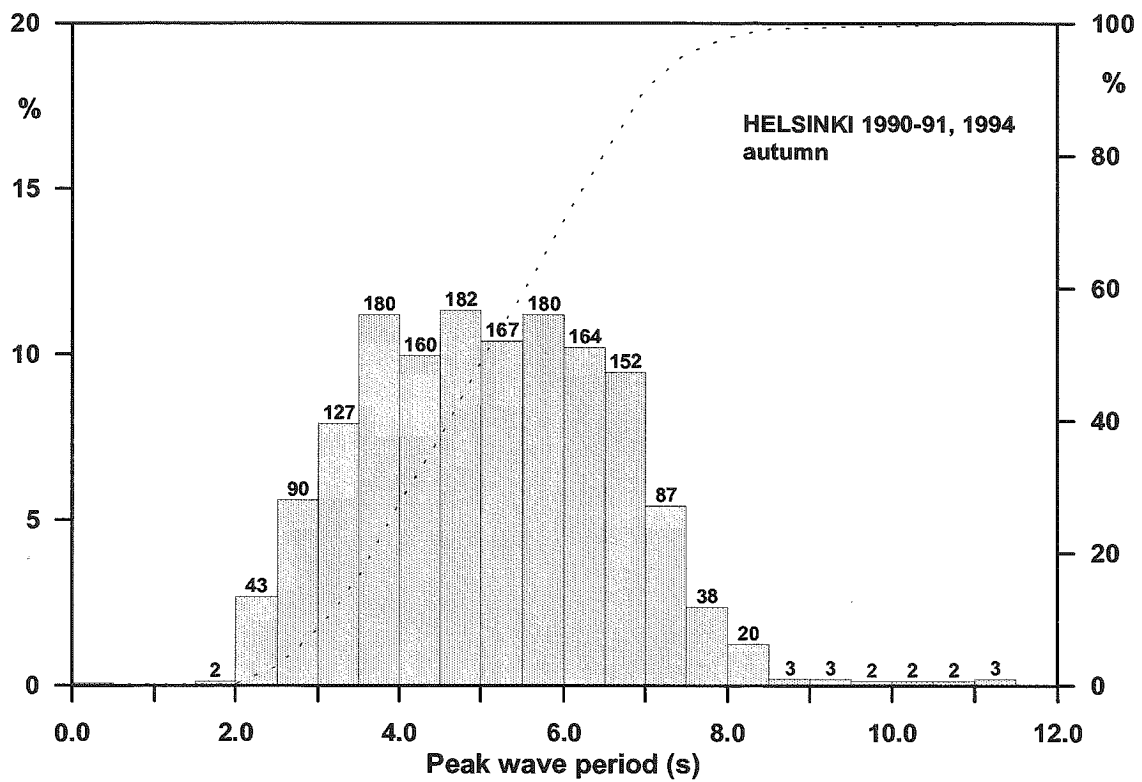
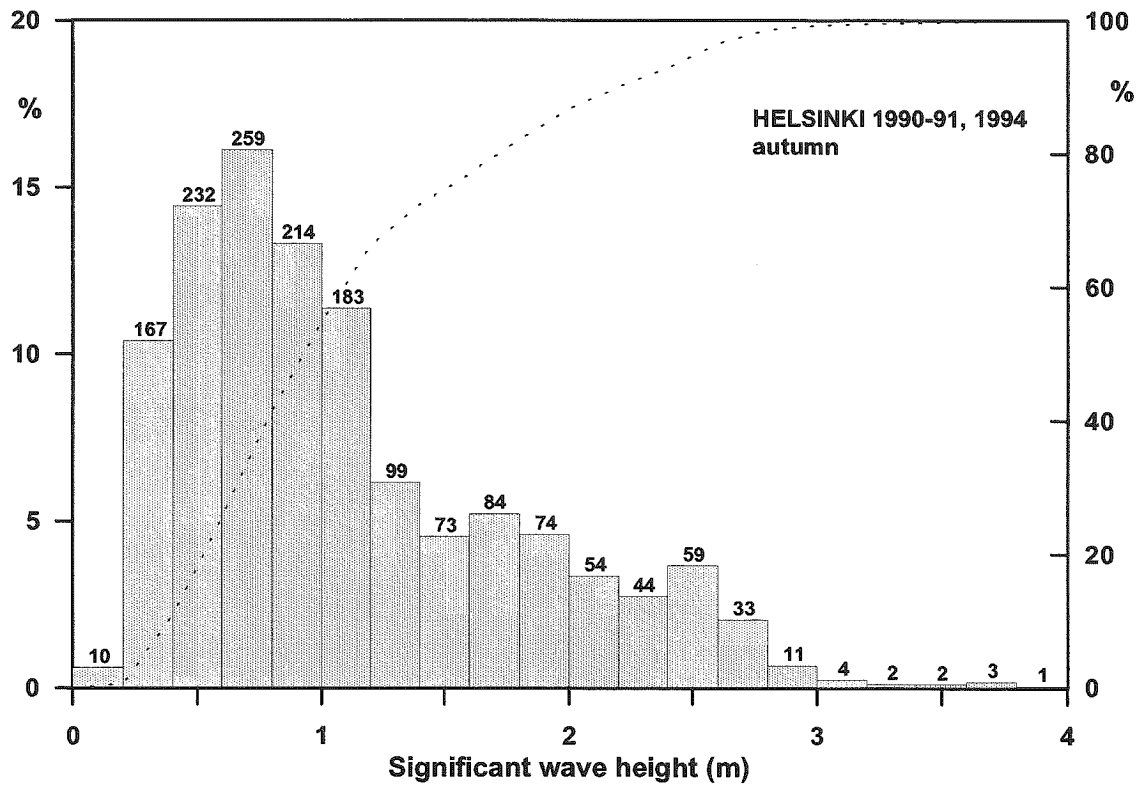


Kuva 18. Ilman (Kalbådagrund) ja veden pinnan lämpötilojen aikasarjat Helsingin pisteellä vuonna 1994.
Figure 18. Time series of the air (Kalbådagrund) and sea surface temperatures from station Helsinki in 1994.



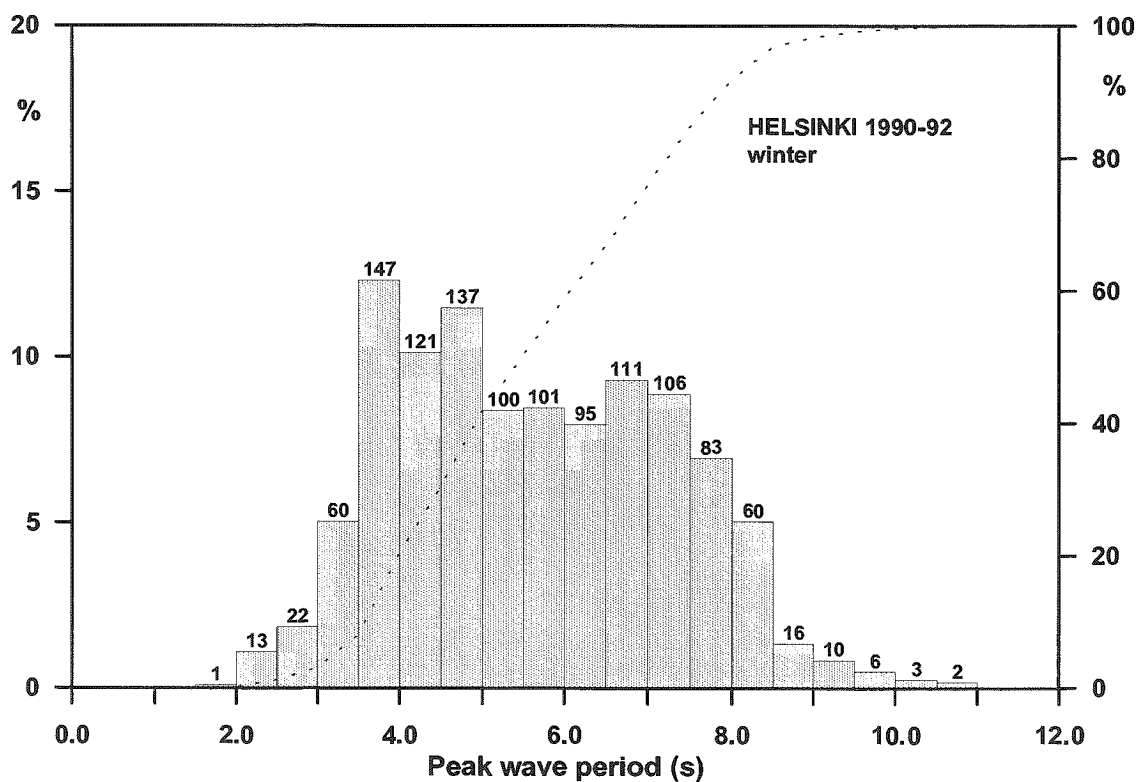
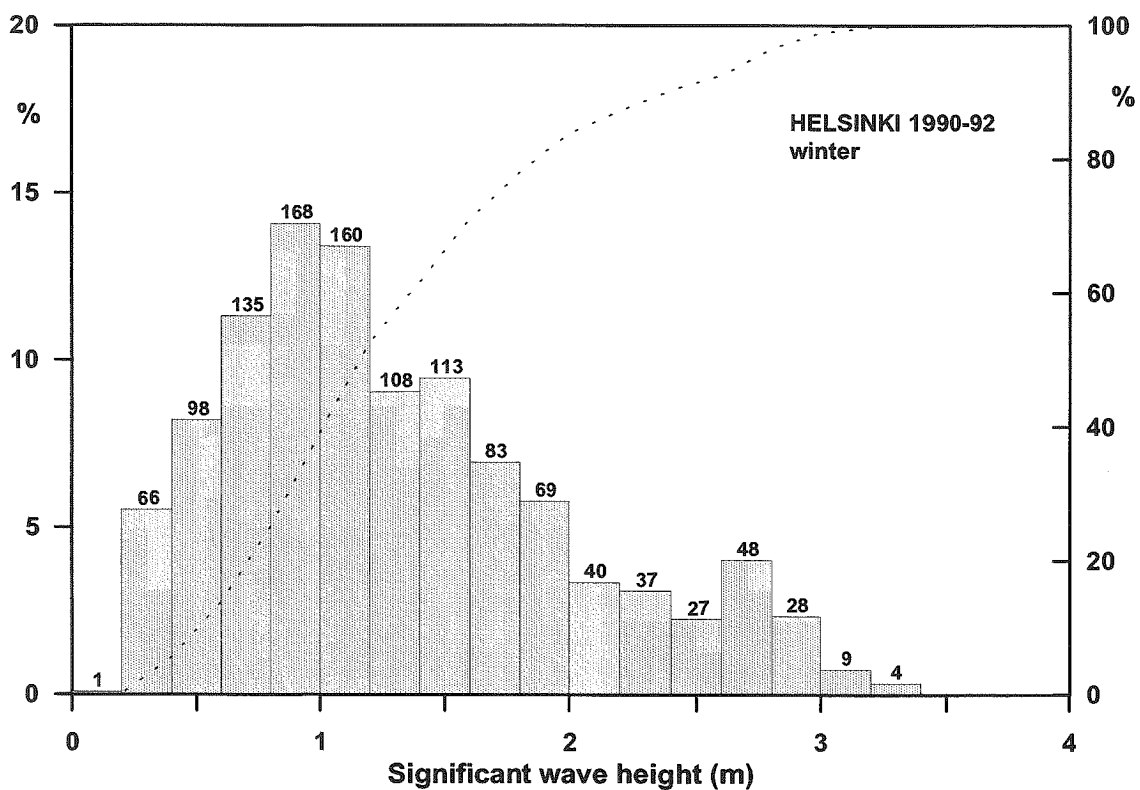
Kuva 19. Ilman (Kalbådagrund) ja veden pinnan lämpötilojen aikasarjat Porkkalan pisteellä vuonna 1993.

Figure 19. Time series of the air (Kalbådagrund) and sea surface temperatures from station Porkkala in 1993.



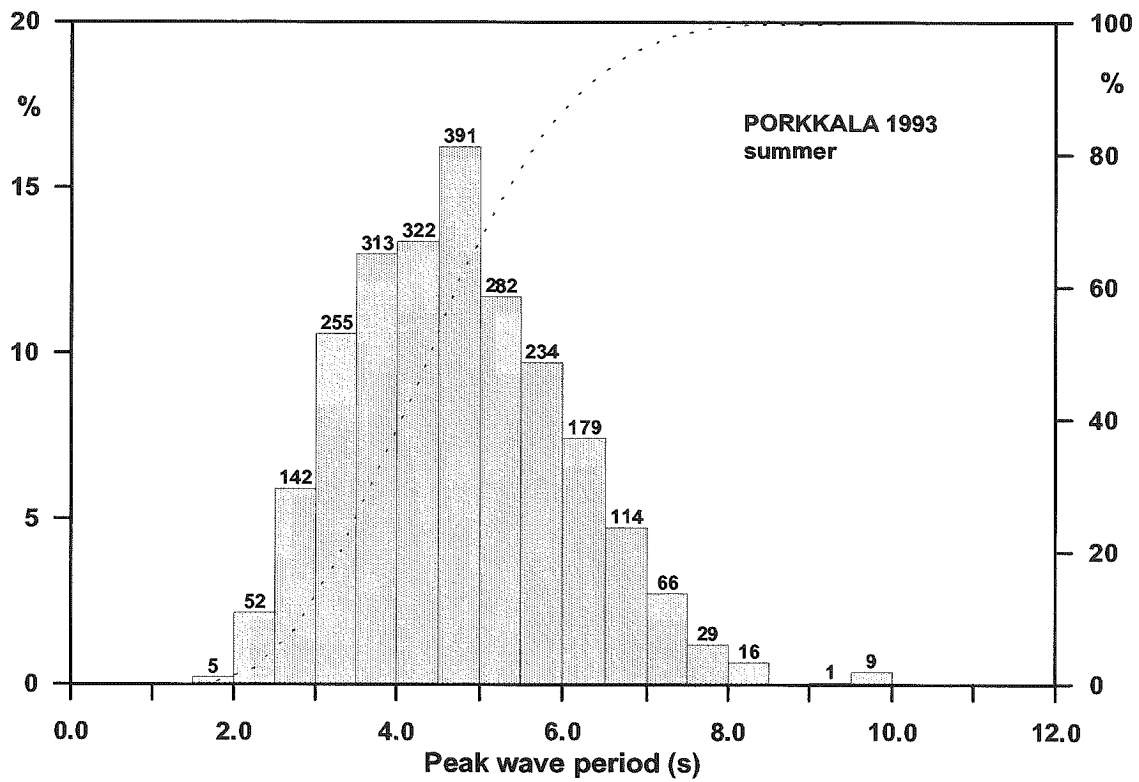
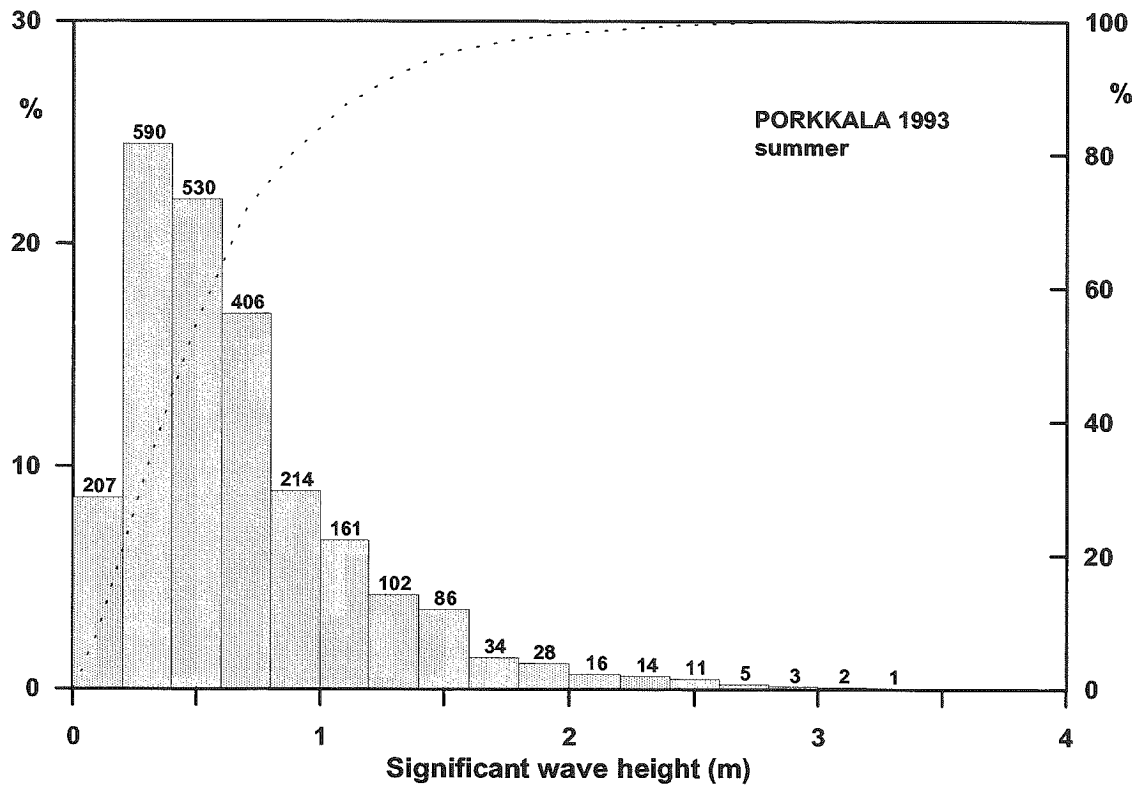
Kuva 20. Helsingin piste. Merkitsevän aallonkorkeuden ja merkitsevän periodin jakaumat syksyllä, kaikki suunnat.

Figure 20. Station Helsinki. Distributions of significant wave heights and peak wave periods in autumn, all directions.



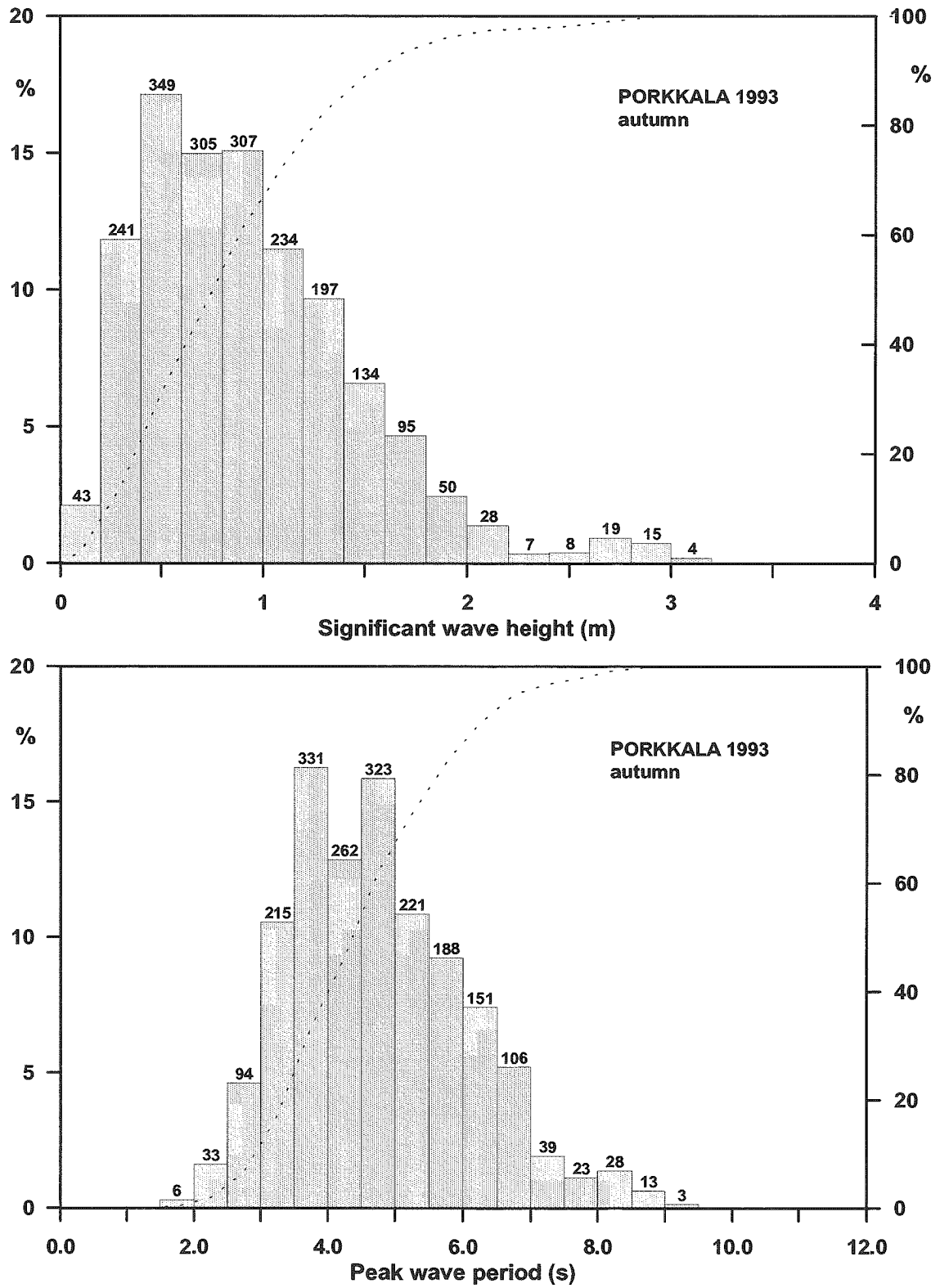
Kuva 21. Helsingin piste. Merkitsevän aallonkorkeuden ja merkitsevän periodin jakaumat talvella, kaikki suunnat.

Figure 21. Station Helsinki. Distributions of significant wave heights and peak wave periods in winter, all directions.



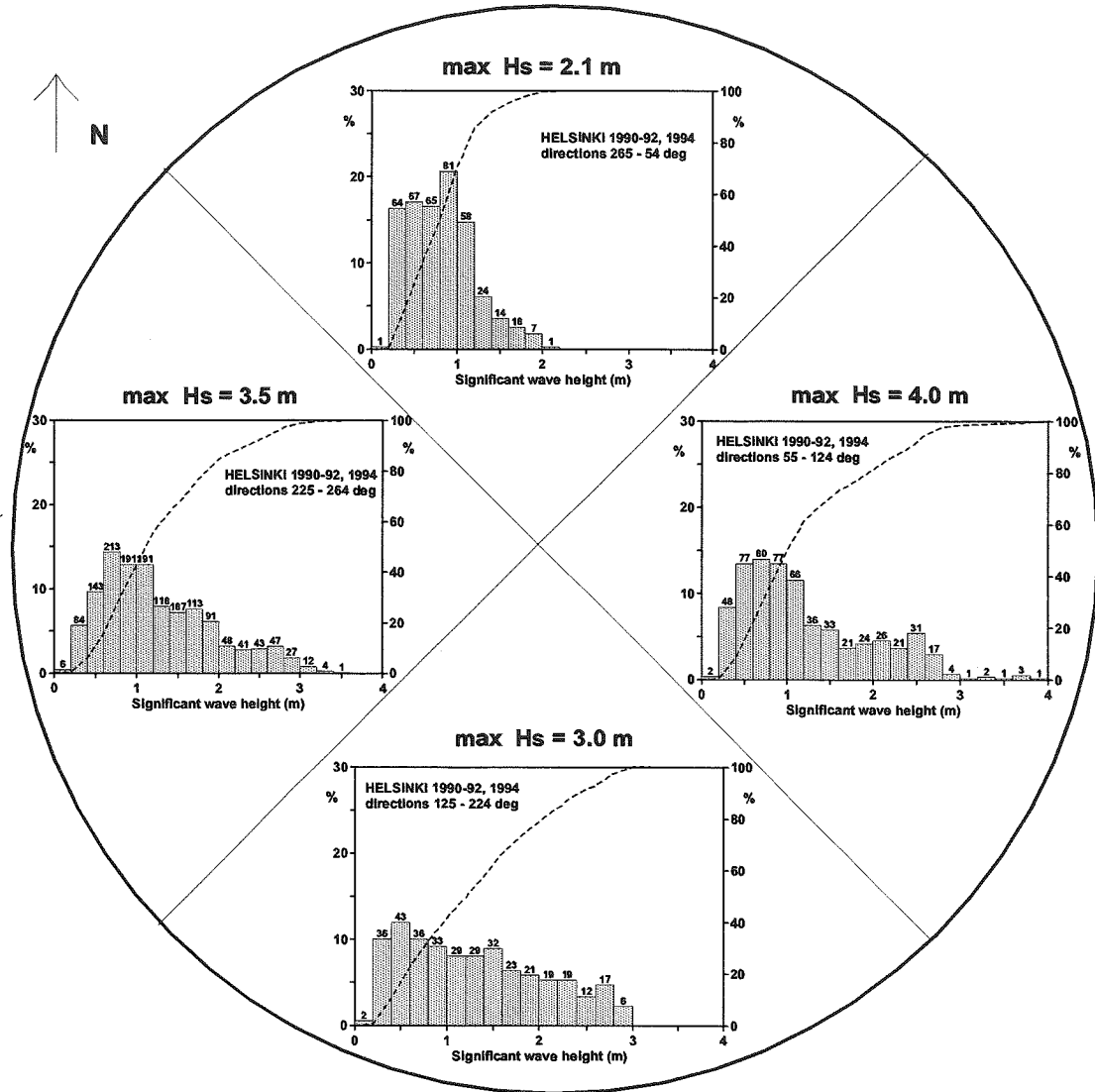
Kuva 22. Porkkalan piste. Merkitsevän aallonkorkeuden ja merkitsevän periodin jakaumat kesällä, kaikki suunnat. Huom. eri skaalat.

Figure 22. Station Porkkala. Distributions of significant wave heights and peak wave periods in summer, all directions. Note the difference in scales.



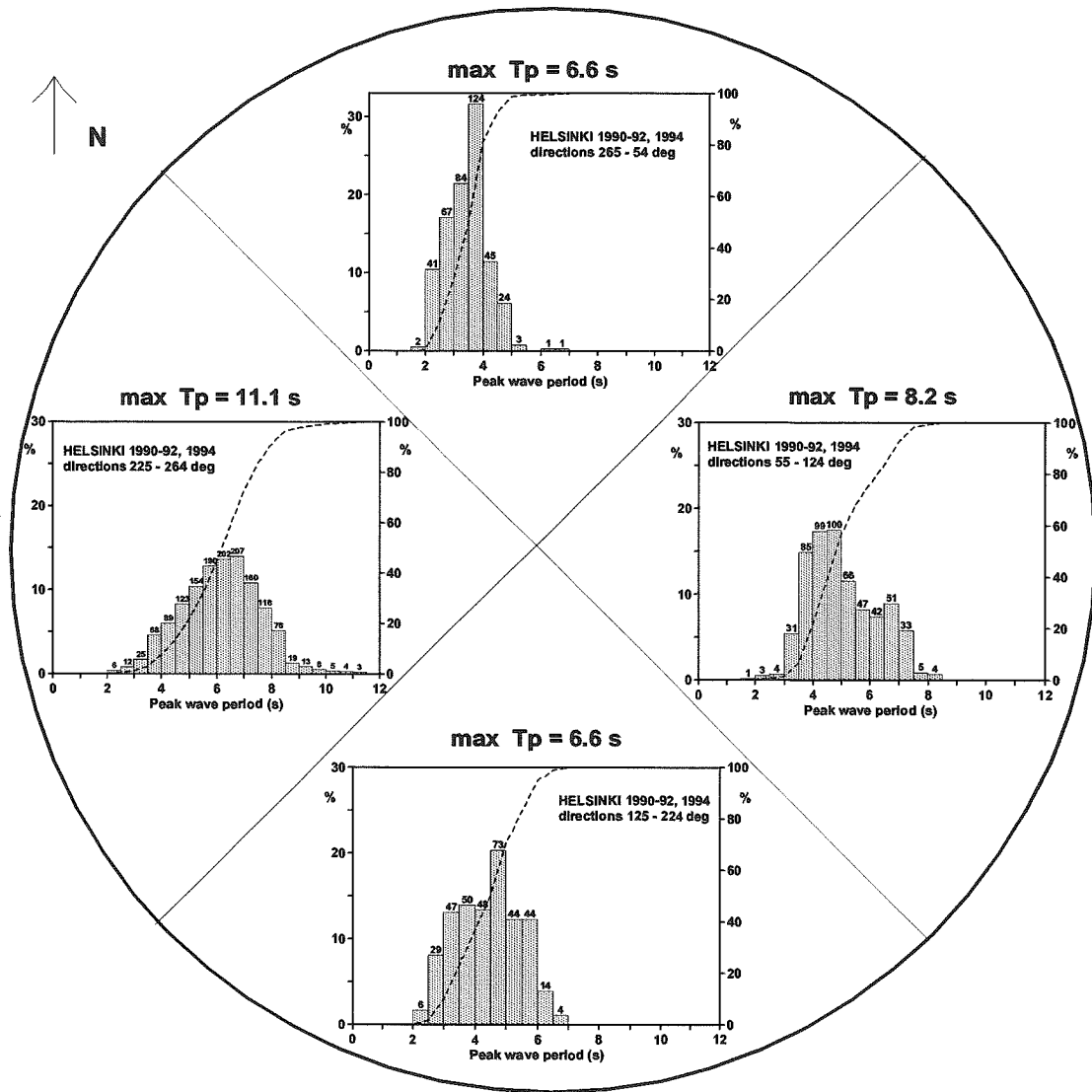
Kuva 23. Porkkalan piste. Merkitsevän aallonkorkeuden ja merkitsevän periodin jakaumat syksyllä, kaikki suunnat.

Figure 23. Station Porkkala. Distributions of significant wave heights and peak wave periods in autumn, all directions.



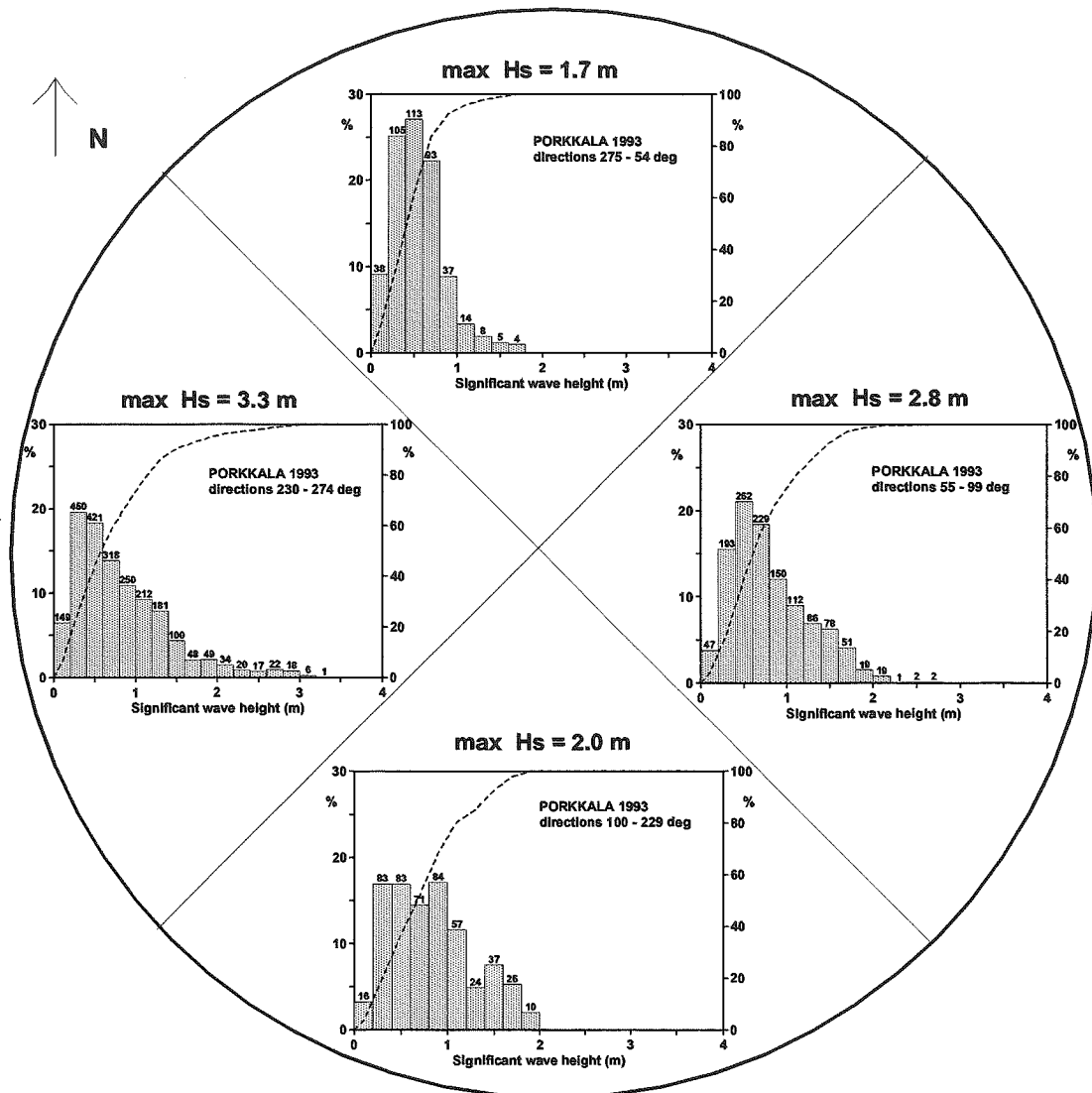
Kuva 24. Helsingin piste. Merkitsevään aallonkorkeuden jakaumat ja suurimat arvot neljällä eri suunnalla, kaikki vuodenajat.

Figure 24. Station Helsinki. The distributions and highest values of significant wave heights in four directions, all seasons.



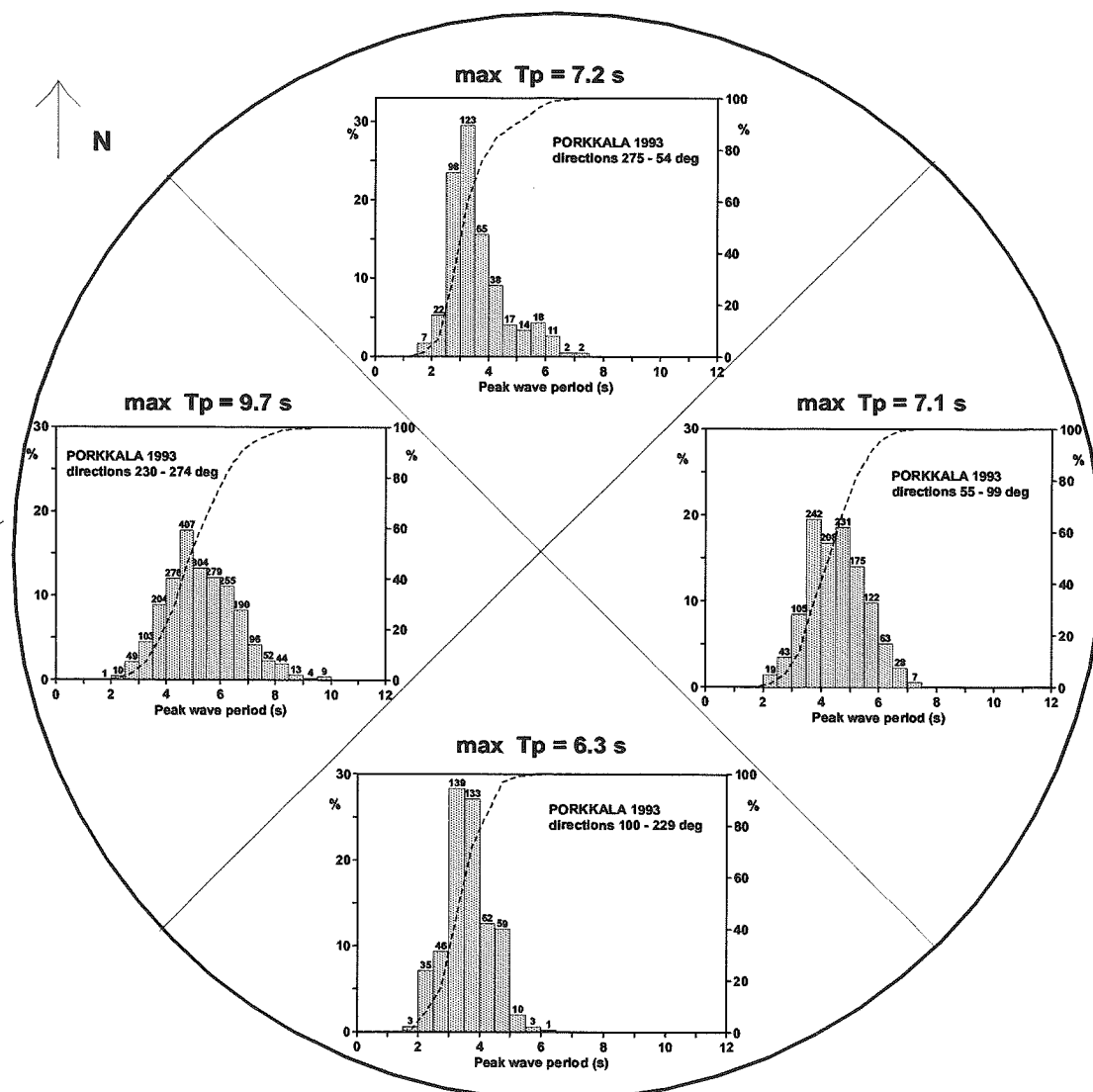
Kuva 25. Helsingin piste. Merkitsevän periodin jakaumat ja suurimat arvot neljällä eri suunnalla, kaikki vuodenaajat.

Figure 25. Station Helsinki. The distributions and highest values of peak wave periods in four directions, all seasons.



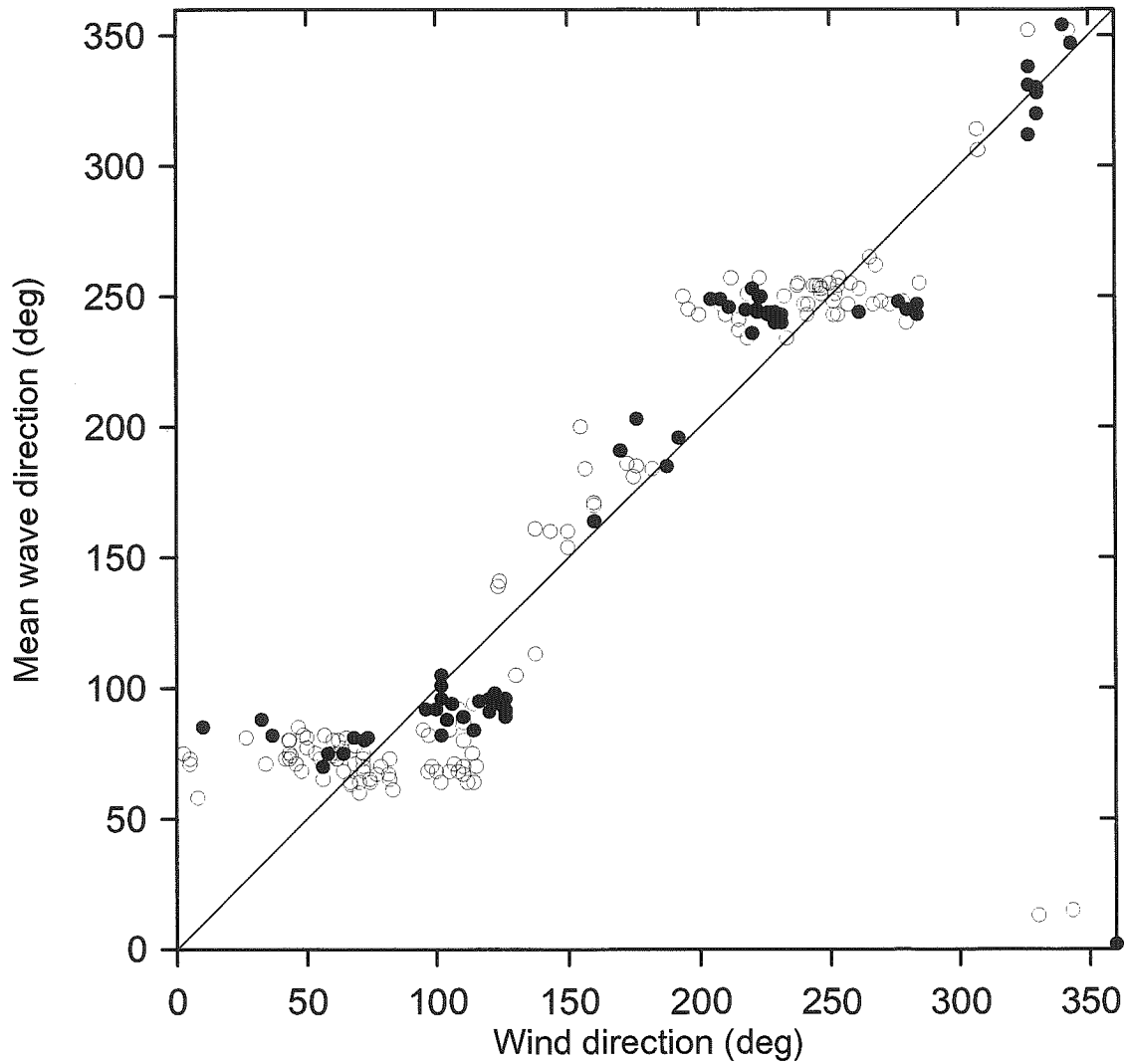
Kuva 26. Porkkalan piste. Merkitsevän aallonkorkeuden jakaumat ja suurimat arvot neljällä eri suunnalla, kaikki vuodenajat.

Figure 26. Station Porkkala. The distributions and highest values of significant wave heights in four directions, all seasons.



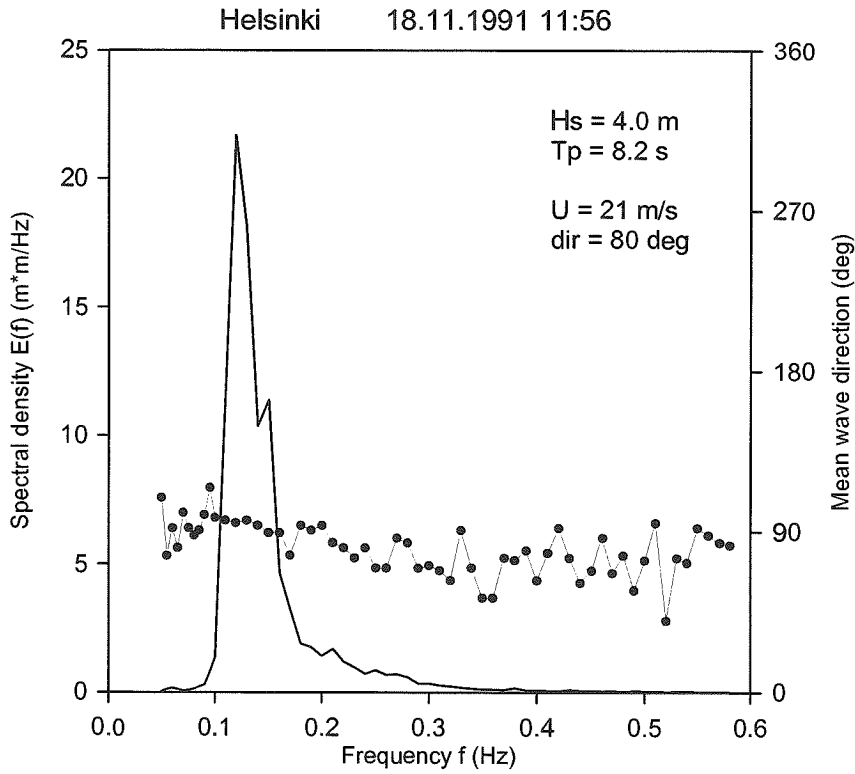
Kuva 27. Porkkalan piste. Merkitsevän periodin jakaumat ja suurimat arvot neljällä eri suunnalla, kaikki vuodenaajat.

Figure 27. Station Porkkala. The distributions and highest values of peak wave periods in four directions, all seasons.

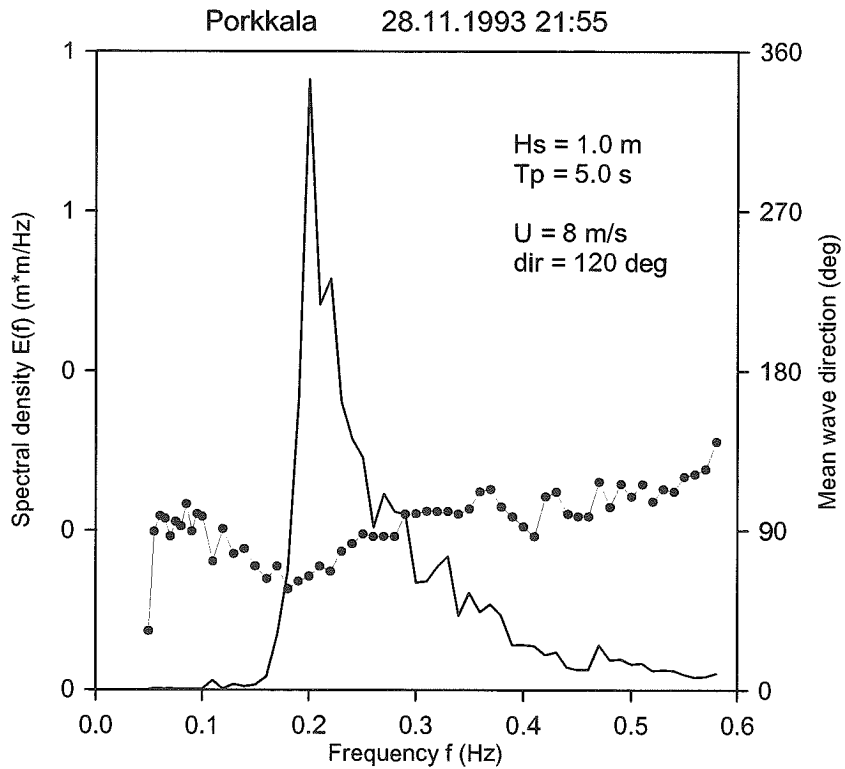


Kuva 28. Tuulen ja aallokon suuntien välinen suhde tasaisten tuulten vallitessa (Kalbådagrundin automaattisen sääaseman tuulihavaintojen mukaan). Porkkala on esitetty avoimilla ja Helsinki mustilla ympyröillä.

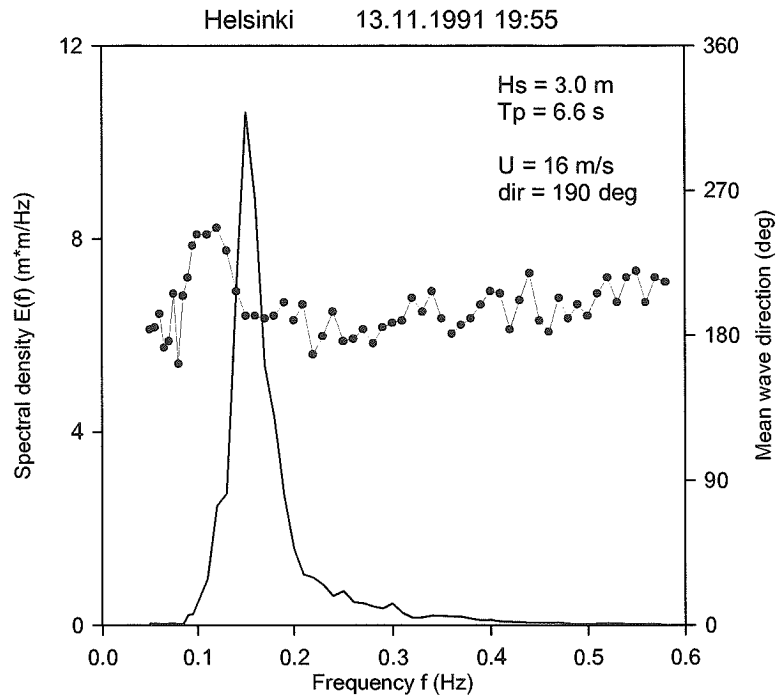
Figure 28. The direction of wind and waves at steady winds (according to automatic weather station at Kalbådagrund). Open circles denote data from station Porkkala and bullets from station Helsinki.



Kuva 29. Suurimman Helsingin pisteellä vuosina 1990-92, 1994 mitatun aallokon spektri.
 Figure 29. The spectrum of the highest measured waves in 1990-92, 1994 at station Helsinki.

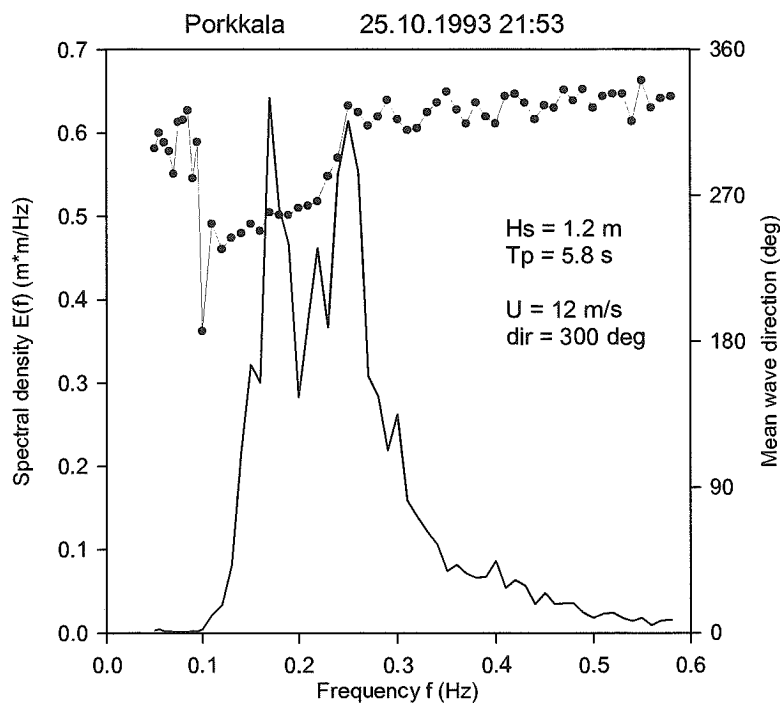


Kuva 30. Pyyhkäisymatkan rajoittamaa aallokkoa kaakkoistuulilla Porkkalan pisteellä.
 Figure 30. Fetch-limited waves during southeastern winds at station Porkkala.



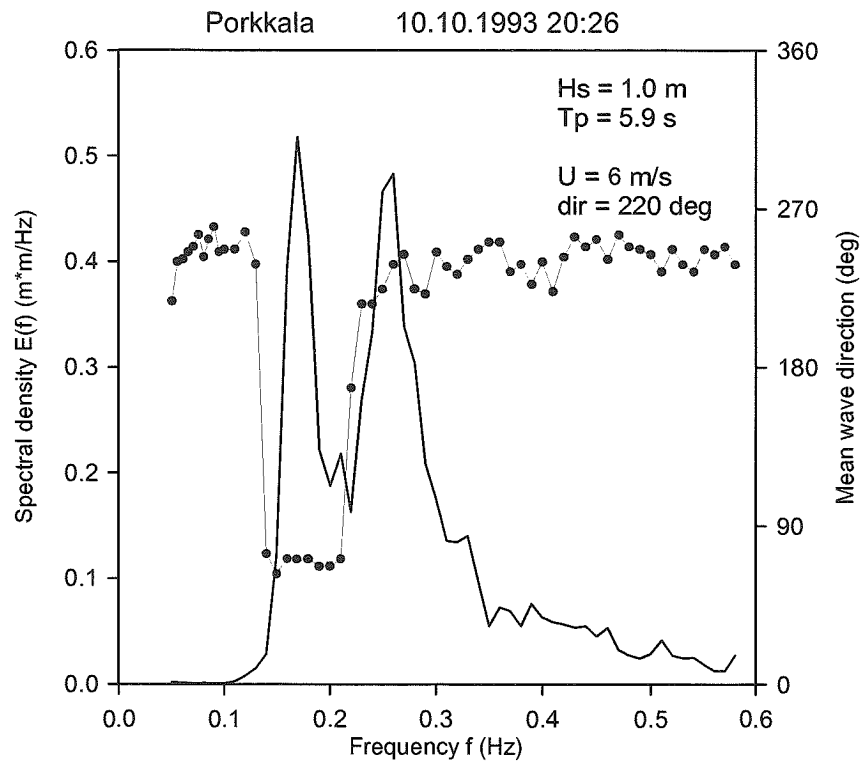
Kuva 31. Korkein etelätuulilla mitattu aallokko Helsingin pisteellä. Matalilla taajuksilla on näkyvissä lounaisuuntaisia komponentteja.

Figure 31. The highest measured southern wave field at station Helsinki with some southwestern components at lower frequencies.



Kuva 32. Tilanne, jossa tuuli on ollut länsi-luoteesta vuorokauden ajan. Lounaismaininki, joka on ollut näkyvissä lähes koko ajan, oli mittaushetkellä hieman paikallista aallokkoa suurempi.

Figure 32. A case where the wind has been from west-northwest for 24 hours before the measurement. The southwestern swell component that has been present nearly from the beginning was slightly higher during the measurement.



Kuva 33. Tilanne jossa paikallinen tuuli on kääntynyt kolmessa tunnissa idästä lounaiseen.

Figure 33. A case where the local wind has turned from east to south-west in three hours.



No. 44

AALTOHAVAINTOJA SUOMENLAHDELTA – SUUNTAMITTAUKSIA 1990-1994

Merentutkimuslaitos
Lyypekinkuja 3 A
PL 33
00931 Helsinki

Havsforskningsinstitutet
PB 33
00931 Helsingfors

**Finnish Institute of
Marine Research**
P.O. Box 33
FIN-00931 Helsinki, Finland

ISSN 1238-5328 ISBN 951-53-2363-0