

APAT

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici

**ANALISI MULTIVARIATA DELLE FIRME
SPETTRALI DI CLASSI BOScate SULLA BASE DI
IMMAGINI LANDSAT ETM+**

Dr.ssa Manuela D'Amen

**Tutor: Ing. Valter Sambucini
Co-tutor: Dr. Nico Bonora**

Stage APAT Marzo - Giugno 2006

ABSTRACT

Il progetto *Image & Corine Land Cover 2000* (I&CLC2000) si propone l'obiettivo di aggiornare, a dieci anni di distanza, la base dati CLC90 e di verificare le modifiche territoriali, attraverso l'utilizzo di immagini Landsat 7 ETM+, acquisite durante le stagioni estive degli anni 1999-2001.

Una peculiarità nazionale del progetto I&CLC2000 è la creazione di un IV livello gerarchico, che interessa le *superfici agricole utilizzate* ed i *territori boscati ed ambienti semi-naturali* (classi 2 e 3 della legenda CLC2000). Tale classificazione si basa su analisi fotointerpretative e di campo e classifica il territorio in base ad una presenza minima dell'80% del tematismo considerato.

Per ovviare a questa indeterminazione ed aumentare il dettaglio tematico, è in corso uno studio mirante a determinare la fattibilità dell'impiego delle firme spettrali per l'individuazione e delle diverse categorie di copertura del suolo, al fine di creare una base dati che raccolga la firma spettrale di determinate coperture vegetazionali a carattere boschivo (in questo caso è stato scelto il tematismo 3.1.1.5 "boschi a prevalenza di faggi"). Inoltre, obiettivo del presente lavoro è anche quello di valutare l'influenza dei fattori naturali (stagionalità, condizioni meteorologiche, posizione geografica) sulla variabilità spettrale.

La definizione dell'effettiva firma spettrale delle categorie cartografate avviene attraverso lo studio della distribuzione dei valori di Digital Number di ogni singola banda delle immagini telerilevate.

In ogni singola scena è stato selezionato ed analizzato un insieme di *pixel* della copertura a faggete identificato da una terna di valori RGB. La selezione dei *pixel* è avvenuta tramite l'utilizzo di *regioni di interesse* (ROI), porzioni di immagine identificate da un poligono, le quali permettono di procedere ad un'analisi delle sole aree selezionate escludendo la restante parte dell'immagine. E' stato quindi possibile definire per ogni singola scena la firma spettrale del tema considerato, ed è stata realizzata un'analisi statistica della distribuzione dei valori dei DN ottenuti.

Sono anche state studiate quelle porzioni di territorio coperte da più scene per poter confrontare le stesse aree in funzione sia della data di acquisizione sia della condizione meteorologica. Per poter riutilizzare esattamente le stesse aree selezionate sull'una e l'altra immagine, si è agito tramite vettorializzazione, che ha permesso l'esportazione delle aree selezionate come ROI.

Dall'analisi statistica dei risultati si ottiene una diversa risposta delle 7 bande che compongono una immagine digitale: gli spettri ottenuti dalle bande 1, 2, 3, 6 e 7 presentano un andamento di tipo gaussiano nella maggior parte dei casi. In esse è possibile individuare un range ristretto con valori caratteristici per ciascuna banda e di ampiezza tra loro confrontabile. Per ognuna delle suddette bande è stato anche individuato un intervallo di valori corrispondenti al picco di frequenza dei DN piuttosto ristretto.

Le bande 4 e 5 invece presentano ampio scattering di valori di DN tale da non permettere l'individuazione di caratteristici intervalli né picchi: il range dei valori dei DN in tali bande risulta significativamente maggiore rispetto a quello ottenuto in tutte le altre.

Per quanto riguarda lo studio della variazione della firma spettrale in funzione di variabili ambientali quali la posizione geografica, il periodo di acquisizione e le condizioni atmosferiche

si è riscontrata una sostanziale stabilità dei valori di DN ottenuti.

In particolare considerando la distribuzione geografica, per quanto siano individuabili dei trend nord-sud in alcuni dei parametri considerati, le analisi statistiche non hanno evidenziato differenze significative.

Anche per quanto riguarda l'influenza della stagione sulla firma spettrale il confronto, tra le scene raggruppate in base al periodo di acquisizione, realizzato tenendo conto degli indici climatologici, non ha messo in evidenza differenze significative per i parametri considerati.

Il confronto dei DN estratti dalle stesse aree, appartenenti a diverse scene, ha evidenziato differenze, peraltro di modesta entità, esclusivamente tra i mesi di maggio e luglio/agosto e settembre ed inizio agosto, mentre non ci sono differenze tra immagini acquisite lo stesso mese ma in anni diversi.

Concludendo i dati ottenuti nel presente studio ci permettono di definire la firma spettrale del tematismo delle faggete, come combinazione delle bande 1, 2, 3 6 e 7, per determinati intervalli di DN dello spettro e dei picchi. E' stato altresì dimostrato che tale firma spettrale rimane piuttosto costante sia in funzione della stagionalità sia della localizzazione geografica ed è quindi utilizzabile per l'identificazione di una copertura vegetazionale a faggete in immagini satellitari indipendentemente da tali variabili ambientali. Ciò comporta la possibilità di applicare metodi semiautomatici di mappatura della copertura a faggete a livello nazionale.

ABSTRACT

Aims of the *Image & Corine Land Cover 2000* (I&CLC2000) project were the updating the CLC90 database and verifying land-use changes after ten years, by using Landsat 7 ETM+ images acquired during the summer of 1999-2001.

An Italian peculiarity of I&CLC2000 project is the fourth level nomenclature, concerning “*Agricultural areas*” and “*Forests and semi-natural areas*” (classes 2 and 3 of CLC2000). This classification is founded on computer-aided photointerpretation and field validation; these areas are classified on the basis of the presence of characteristic land cover structures and overall reliability must be 80 % or more.

In order to obviate this lack of preciseness and to improve the thematic accurateness, a feasibility study was undertaken to evaluate the potential employment of the spectral signatures in identifying land cover types, with the final intent of creating a forest formations spectral signatures database about the 3.1.1.5 class (beechwood dominance).

Moreover, the further goal of this study is to evaluate the natural factors influence (seasonal variation, climatic conditions, geographic location) on spectral variability.

The spectral signature characterization is made through the study of the Digital Number (DN) values and distributions by utilising satellite images bands.

For each scene it has been selected and analysed a group of pixel identified by three RGB values. The pixel were selected by using Region Of Interest (ROI): the ROIs are polygonal vectors identifying parts of an digital image. ROIs permit to analyze only the selected areas by excluding the remaining pixel. Using this methodology the beechwood spectral signature in every scene was identified and a statistic analysis applied to the Digital Number value and distribution was performed.

It has been also studied common regions covered by two Landsat scenes, in order to compare the influence of the acquirement period date and the climatic conditions of the same area. To investigate the same areas covered by multiple scene, it has been necessary a vectorializing procedure for the exporting of the selected areas as Region Of Interest.

From data statistic analysis it has been obtained different results among the seven bands of the satellite image: quite all the 1, 2, 3, 6 and 7 bands spectrum have a normal-like distribution. In these bands a restricted range of characteristic values can be individuated and the width of the ranges is. A distinctive and very restricted frequency peak of DN values can be also individuated.

The DN values and distribution of bands 4 and 5, on the contrary, have a large scattering, so neither a range of characteristic DN nor a frequency peak can be identified: the ranges width of these two band is significantly wider than ranges width of all the other bands.

Concerning the study of the spectral signature variability related to influence of environmental variables (geographic location, seasonal variation and climatic conditions) it has been observed a general stability of the DN values.

In particular, referencing to the geographic situation, although some nord-sud trends could be observed, the statistical analysis did not evidence significant differences. Also regarding the seasonal variation influence on spectral signature, the comparison of the scene acquired in different months, taking in account the climatic index, did not indicate significant differences.

The comparison of DN values obtained from the same regions, but belonging to different scenes, evidenced only modest differences both between May and July/August and between August and September, while there are not differences between scene acquired in the same month of different years.

In conclusion the data allow to define the beechwoods spectral signature: it can be identified by a 1, 2, 3 6 and 7 bands of particular DN intervals and frequency peaks.

Furthermore it has been demonstrated that this spectral signature is rather unvarying in relation to geographic location, seasonal variation and climatic conditions. That means it is possible the semi-automatic methodology applying to the beechwoods land cover mapping at national level.

INDICE

1. Introduzione	7
1.1 Obiettivi	
2. Metodologia	10
2.1 Trattamento delle scene singole	
2.2 Trattamento delle scene sovrapposte	
2.3 Analisi statistica	
3. Risultati	15
3.1 Scene singole	
3.2 Scene sovrapposte	
4. Conclusioni	35
5. Bibliografia	37
6. APPENDICE	38

1.Introduzione

Nel 1985 è stato avviato dal Consiglio della CE il programma CORINE (COoRdination of INformation of the Environment), al fine di fornire informazioni territoriali omogenee sullo stato dell'ambiente all'Unione Europea, agli stati associati ed ai paesi limitrofi dell'area Mediterranea e Balcanica. Tale programma si è svolto secondo diverse tematiche, tra le quali, quella riguardante la copertura del suolo e le sue modifiche nel tempo, oggetto del progetto CORINE Land Cover (CLC). Obiettivo di tale progetto è la creazione di una base dati per il rilevamento ed il monitoraggio delle caratteristiche di copertura ed uso del territorio, con particolare attenzione alla tutela dall'ambiente. La prima versione del progetto CLC risale agli anni '90: la base dati CLC90 contiene informazioni concernenti paesi Europei e del Nord Africa, ottenute da fotointerpretazione di immagini satellitari (Landsat 5 TM) e raccolte in un sistema informativo geografico ¹.

Nel 2001 congiuntamente la Commissione Europea e l'AEA (Agenzia Europea per l'Ambiente) hanno attivato il nuovo progetto Image & Corine Land Cover 2000 (I&CLC2000) con l'obiettivo di aggiornare a dieci anni di distanza la base dati CLC90 e di verificare quali modifiche siano state apportate nel tempo. Per lo sviluppo del progetto, sono state utilizzate immagini Landsat 7 ETM+ ortorettificate su tutto il territorio europeo, con una risoluzione di 25 m per le bande multispettrali e di 15 m per il pancromatico, acquisite per lo più durante le stagioni estive degli anni 1999-2001.

Su scala europea la legenda CLC prevede tre livelli gerarchici; un quarto livello tematico rappresenta una peculiarità nazionale italiana del progetto I&CLC2000. Esso è stato realizzato come approfondimento tematico per le classi 2 e 3, relative alle superfici agricole utilizzate ed i territori boscati ed ambienti semi-naturali.

L'attività di classificazione è avvenuta attraverso procedure di fotointerpretazione delle immagini Landsat 7ETM+ ed ortofoto. In particolare per le zone boscate, la classificazione al quarto livello è avvenuta tramite un criterio di prevalenza di copertura di singole specie o gruppi di specie (componente vegetale che raggiunga più del 80% di copertura). E' stato quindi attribuito un codice di quarto livello alla suddivisione dei poligoni della copertura CLC2000 e ne è stata verificata la attendibilità con dei rilievi diretti su campo¹.

¹ APAT, 2005.

Al fine di aumentare il dettaglio tematico della copertura CLC al quarto livello, ovvero per eliminare la percentuale di incertezza insita nella definizione delle classi del tematismo dei territori boscati ed ambienti semi-naturali, è in corso uno studio mirante a determinare la fattibilità dell'impiego delle firme spettrali per l'individuazione e la mappatura delle diverse categorie di copertura del suolo. Identificate le risposte spettrali delle categorie da cartografare, sarebbe possibile, da un punto di vista operativo, introdurre tecniche automatiche e semiautomatiche per l'aggiornamento e/o l'aumento del dettaglio geometrico o tematico della copertura CLC.

La vegetazione è facilmente riconoscibile da immagini rilevate da sensori remoti, in quanto i diversi popolamenti sono caratterizzati da curve di riflettanza tipiche. I valori di riflettanza registrati dai diversi canali spettrali di un sensore vengono denominati “firme” del tematismo osservato, in quanto lo identificano, differenziandolo dagli altri presenti nella scena.

Le caratteristiche spettrali della vegetazione dipendono da molti fattori che influenzano l'assorbimento, la trasmissione e la riflessione della radiazione solare incidente. Nella regione visibile dello spettro (400-700 nm) gran parte della radiazione è utilizzata dalla pianta per il processo fotosintetico ed è assorbita dai pigmenti fogliari (clorofille, carotene, xantofille), mentre nelle regioni dell'infrarosso vicino (700-1300 nm) e medio (1300 - 2500 nm) la riflettanza è generalmente maggiore, ed è determinata dalla diffusione della struttura interna delle foglie, dall'assorbimento da parte di acqua, lignina e cellulosa². Ogni specie è quindi caratterizzata da una tipica risposta spettrale, prodotta dalle sue caratteristiche fisiologiche e strutturali³.

Il presente progetto si propone lo studio e la definizione delle firme spettrali per la creazione di una base dati utile alla classificazione semi-automatica delle immagini telerilevate.

Poiché la risposta spettrale delle specie vegetali è dipendente dai cambiamenti fenologici che avvengono con la stagionalità³, il progetto ha anche lo scopo di verificare la possibilità di distinguere gli effettivi cambiamenti spettrali collegabili a cambiamenti della copertura del suolo dalla naturale e stagionale variabilità spettrale.

² Sinclair et al., 1971

³ Chen et al., 1998

Infine il progetto prevede di verificare la possibilità di ottimizzare le procedure di selezione e pre-elaborazione delle immagini telerilevate, finalizzate alla derivazione di cartografie tematiche.

1.1 Obiettivi

La classe di copertura del suolo stabilita per realizzare la struttura iniziale del progetto è il tematismo 3.1.1.5 (“boschi a prevalenza di faggi”), definito nella legenda al quarto livello CLC2000. Per aumentare l’accuratezza del dettaglio tematico, nella definizione di questa classe, si è identificata una copertura esclusiva ed uniforme a faggete, eliminando l’incertezza determinata dal criterio di prevalenza adottato per la sua definizione.

Per la corretta identificazione della firma spettrale di tale tipologia di copertura vegetazionale, si è reso necessario operare al fine di escludere quelle aree che, all’interno della classificazione CLC al quarto livello, si differenziano, nei valori di radianza, dalla maggior parte del tematismo analizzato.

Inoltre, sempre considerando il tematismo delle faggete, obiettivo del presente lavoro è anche quello di valutare l’influenza dei fattori naturali (periodo di acquisizione, condizioni meteorologiche, posizione geografica) sulla variabilità spettrale.

2. Metodologia

La definizione dell'effettiva firma spettrale delle categorie cartografate avviene attraverso lo studio della risposta spettrale, in altre parole della distribuzione dei valori di DN (Digital Number, cioè il valore assegnato ad un pixel in una immagine digitale) di ogni singola banda delle immagini telerilevate.

Le scene analizzate che includono il tematismo 3.1.1.5 ("boschi a prevalenza di faggi") sono 23 e sono legate alla copertura IMAGE2000: queste immagini hanno una data di acquisizione compresa tra i mesi di maggio e settembre, negli anni 1999-2002. Ogni immagine presenta 7 bande e da ciascuna sono stati estratti i valori di DN, successivamente analizzati da un punto di vista statistico.

2.1 Trattamento delle scene singole

Il trattamento delle scene è avvenuto attraverso l'utilizzo del programma ENVI 4.2, utilizzando prevalentemente una combinazione di bande comprendenti l'infrarosso, per meglio esaltare la copertura vegetazionale.

L'elaborazione delle scene è avvenuta attraverso più fasi. Innanzi tutto, per selezionare la classe di copertura del suolo stabilita per il presente studio, è stato eseguito un resize delle singole scene, utilizzando come maschera la cartografia vettoriale CLC del tematismo 3.1.1.5 ("boschi a prevalenza di faggi"). Successivamente, al fine di individuare delle aree con uniforme copertura del suolo (alta probabilità di presenza esclusiva di faggi) sulle immagini ottenute, sono state selezionate delle aree con caratteristiche spettrali omogenee (al cui interno era presente solo una piccola variazione dei valori delle bande RGB). La selezione di tali aree è stata realizzata tramite la creazione di ROI (Region Of Interest). Le ROI sono poligoni, selezionati graficamente, identificanti porzioni di un'immagine digitale. Le ROI, selezionate in un numero di *pixel* compreso tra 94 e 2139 in funzione delle dimensioni della scena, sono state utilizzate per creare una maschera da applicare all'immagine in oggetto, ottenendo così uno nuovo *file* contenente esclusivamente le aree precedentemente distinte per la loro omogeneità.

A questo punto è stato possibile calcolare i parametri statistici relativi alla classe tematica prescelta in base ai valori di DN dei *pixel* appartenenti alle porzioni di territorio selezionate. In questo modo si è ottenuto lo spettro tipico della copertura vegetale a faggi.

2.2 Trattamento delle scene sovrapposte

Al fine di analizzare le variazioni della firma spettrale dal punto di vista temporale, lo studio si è concentrato su quelle porzioni di territorio coperte da più scene: è stato effettuato un confronto tra i valori di DN estratti dalle stesse aree, selezionate in scene sovrapposte, ma ottenute in date diverse. Per selezionare tali aree sono state utilizzate le ROI precedentemente create per una delle due scene, presenti nella porzione di territorio in comune. Poiché le ROI create su una scena non sono esportabili su altre scene, si è dovuto procedere tramite tecniche di vettorializzazione. Quindi nel caso della scena su cui le ROI erano state create, si è proceduto semplicemente ad un *resize* (utilizzando una maschera ottenuta dallo *shapefile* del CLC delle aree dei faggi dell'altra scena) per selezionare esclusivamente quelle che ricadevano nell'area comune. Invece per quanto riguarda l'altra scena, per potervi applicare le stesse ROI, queste sono prima state vettorializzate creando uno *shapefile*. Lo *shapefile* è stato poi usato come maschera vettoriale sulla scena, ottenendo una nuova immagine che include solamente le aree sovrapposte alle ROI. Sulle immagini ottenute dal *resize* delle due scene è stata computata la stessa statistica calcolata per le scene singole, ed è quindi stato fatto un confronto della distribuzione dei valori di DN per valutare l'influenza della stagionalità sulla variabilità spettrale.

2.3 Analisi statistica

Per ogni scena singola e per ogni singola banda la distribuzione dei valori di DN è stata riportata graficamente ed analizzata dal punto di vista statistico. Per ciascuna banda di ogni scena sono stati determinati i valori minimo (*Min scena*) e massimo (*Max scena*) di DN ottenuti, l'ampiezza dell'intervallo (*Range scena*), il valore medio (*Mean*), la deviazione standard (*St.Dev.*) ed il valore di DN corrispondente al picco di frequenza dei *pixel* (*Picco scena*).

Prendendo in considerazione complessivamente tutte le scene, per ogni singola banda, per ciascuno dei suddetti parametri sono stati calcolati il minimo, il massimo ed il valor medio, al fine di determinare i caratteristici intervalli di DN e dei picchi.

Poiché la dimensione del campione di *pixel* analizzato è molto grande (in totale sono stati considerati 25767 *pixel*) la distribuzione dei valori considerati è stata approssimata ad una distribuzione normale.

E' stato eseguito un confronto tra le bande delle ampiezze degli intervalli di DN ottenuti attraverso una analisi della varianza (ANOVA).

ANOVA permette di studiare l'effetto della variazione di variabili indipendenti (o fattori) sulla variabilità dei risultati sperimentali del sistema sotto osservazione, determinando quale variazione sia imputabile ai fattori e quale ad effetti casuali. In questo caso è stata utilizzata l'analisi della varianza ad un criterio di classificazione ("One-Way ANOVA"), che permette di studiare l'effetto di un solo fattore su di un sistema.

Per eseguire un'analisi One-Way ANOVA debbono essere rispettate due condizioni :

- a) le osservazioni per ogni gruppo devono essere distribuite normalmente;
- b) le varianze devono essere omogenee

La prima condizione è stata verificata attraverso il test di Shapiro-Wilk e sono state valutate le mediane dei campioni che sono risultate pressoché uguali ai valori delle corrispondenti medie. La seconda condizione è stata verificata tramite il test di Levene per l'omogeneità della varianza.

La metodologia dell'analisi della varianza richiede il calcolo delle seguenti quantità:

- la varianza "tra" i gruppi, che misura le differenze esistenti tra un gruppo e l'altro;
- la varianza "entro" i gruppi, che misura la variabilità esistente intorno alla media di ogni gruppo.

Per verificare l'ipotesi nulla (cioè non esistono differenze significative tra i vari gruppi) viene utilizzato il test F di Fisher, basato sul rapporto:

$$F_{(p-1, n-p)} = \text{varianza "tra"} / \text{varianza "entro"}$$

dove p è il numero dei gruppi ed n è il numero di osservazioni di ogni gruppo.

Se il valore di F calcolato è superiore a quello tabulato, alla probabilità α prefissata, si rifiuta l'ipotesi nulla e si accetta l'ipotesi alternativa: almeno una media è diversa dalle altre.

Una volta eseguito il test ANOVA ed evidenziata la presenza di differenze nelle medie dei gruppi sono necessarie ulteriori analisi per identificare tali differenze. Il test *post-hoc* effettuato è il test proposto da Tukey che calcola tutte le possibili differenze tra le coppie di medie ottenute; risulteranno statisticamente significative quelle differenze che in valore assoluto sono maggiori dell'intervallo di confidenza dato da:

$$Q_{(\alpha,k,v)} = \sqrt{(s_e^2 / n)}$$

Dove:

- α è la probabilità prefissata;
- k è il numero di medie a confronto;
- v sono i gradi di libertà della varianza di errore s_e^2 ;
- n è il numero di osservazioni di ogni gruppo;
- Q è un valore tabulato (Fowler and Cohen, 1993).

In seguito le scene sono state raggruppate sia in base alla loro distribuzione geografica (Nord, Centro e Sud), sia in base al mese di acquisizione (fine maggio-giugno; luglio; agosto e settembre). In entrambi i casi sono stati confrontati tra i gruppi, per ogni singola banda, i valori minimo e massimo di DN, il Range ed il Picco. Poiché in questo caso i valori non seguono una distribuzione normale, il confronto è stato effettuato attraverso test non parametrici, in particolare utilizzando il Kruskal-Wallis ANOVA. Il test di Kruskal-Wallis analizza le differenze tra più di 2 campioni e rappresenta l'alternativa non parametrica del test F per l'analisi della varianza ad un criterio di classificazione.

La metodologia del test di Kruskal-Wallis può essere sintetizzata nei seguenti passaggi:

- si assegna un rango a tutte le osservazioni dei gruppi di dati, considerate come una serie unica e, se sono presenti misure uguali, si assegna un rango medio;
- si calcolano le somme dei ranghi di ogni gruppo R_i e quella totale;
- si calcolano le medie dei ranghi di ogni gruppo;
- si calcola il valore di un indice **H**

$$H = A \sum_i [R_i^2 / n_i] - 3(N+1)$$

dove la sommatoria è estesa a tutti i k gruppi a confronto e :

n_i è il numero di dati del gruppo i-esimo;

N è il numero totale di osservazioni;

$A = N(N+1) / 12$.

Il parametro H si distribuisce approssimativamente come la distribuzione χ^2 con (k-1) gradi di libertà.

Quando il valore di H calcolato è superiore a quello riportato nella corrispondente tabella, alla probabilità α prefissata, si rifiuta l'ipotesi nulla e quindi esiste almeno una differenza significativa tra le medie dei ranghi.

Anche nella statistica non parametrica è possibile ricorrere a confronti multipli per individuare quali sono i gruppi sono significativamente diversi tra loro.

In tutte le analisi statistiche effettuate, è stato considerato un limite di confidenza di 0,95.

3. Risultati

3.1 Scene singole

I grafici della distribuzione dei valori dei DN estratti dalle aree selezionate in ogni singola scena per ciascuna banda è riportata in Appendice 1. Nella maggior parte delle scene studiate, i valori di DN estratti dalle bande 1, 2, 3, 6 e 7 seguono una distribuzione approssimativamente gaussiana, in cui è chiaramente distinguibile un valore di picco di frequenza dei DN. In particolare lo spettro ottenuto dalla banda 3 risulta avere un andamento tipo gaussiano nel 92% delle scene analizzate mentre nella banda 6 i valori di DN estratti dalle scene seguono tale andamento solo nel 64% dei casi.

Al contrario, analizzando lo spettro ottenuto dalle bande 4 e 5 di le tutte le scene, si è osservato un ampio scattering dei valori dei DN che non permetteva né di individuare qualche particolare andamento, né tanto meno di identificare chiaramente alcun picco di frequenza dei valori di DN.

Al fine di verificare la bontà delle distribuzioni dei DN ottenute, la procedura di selezione delle aree, tramite ROI, è stata ripetuta per alcune scene scelte a caso. Il confronto dei valori dei DN estratti dalle nuove aree selezionate con quelli ottenuti durante la prima elaborazione non hanno mai dato uno scarto maggiore di 5, confermando in tal modo la rappresentatività delle aree scelte.

I valori di DN estratti dalle scene sono stati analizzati dal punto di vista statistico, determinandone il minimo (*Min scena*) e massimo (*Max scena*) di DN ottenuti, l'ampiezza dell'intervallo (*Range scena*), il valore medio (*Mean*), la deviazione standard (*St.Dev.*) ed il valore di DN corrispondente al picco di frequenza dei *pixel* (*Picco scena*).

Una singola scena (193028), presentando valori di DN che si scostavano notevolmente dalla media di tutte le altre scene, non è stata presa in considerazione nelle successive analisi statistiche. Essa è l'unica ad essere stata acquisita nel 2002: si può ipotizzare che i risultati ottenuti possano essere stati determinati o da una diversa pre-elaborazione, o da peculiari condizioni meteo-climatiche al momento dell'acquisizione.

In Tabella 1 sono riportati i risultati ottenuti per le singole bande: da essi emerge un intervallo medio caratteristico dei valori di DN in ciascuna banda, tuttavia per nessuna banda è stato possibile individuare un intervallo minimo di valori di DN comune a tutte le scene.

Tabella 1: Minimo, Massimo, la Media e la Deviazione Standard calcolati, per ogni singola banda considerando complessivamente tutte le scene. In grassetto per ogni banda sono evidenziati i valori Minimo e Massimo osservati, ovvero l'ampiezza massima della risposta spettrale.

		Min	Max	mean	dev.st.
banda 1	<i>Min scena</i>	40	68	56,2	5,1701
	<i>Max scena</i>	51	87	71	7,8795
	<i>range</i>	3	33	14,8	8,0793
	<i>picco</i>	53	71	63,4	5,6698
banda 2	<i>Min scena</i>	30	54	43,1	4,8688
	<i>Max scena</i>	45	66	58,5	4,876
	<i>range</i>	7	26	15,3	5,1168
	<i>picco</i>	41	60	50	4,5406
banda 3	<i>Min scena</i>	21	42	30,6	4,2721
	<i>Max scena</i>	35	57	45,6	5,5025
	<i>range</i>	6	26	15	5,3021
	<i>picco</i>	30	48	36,9	4,3743
banda 4	<i>Min scena</i>	92	122	106	6,8763
	<i>Max scena</i>	122	190	147	15,523
	<i>range</i>	19	68	41,8	12,461
	<i>picco</i>				
banda 5	<i>Min scena</i>	51	85	74,8	6,0959
	<i>Max scena</i>	79	134	113	6,3913
	<i>range</i>	16	57	38,3	8,4996
	<i>picco</i>				
banda 6	<i>Min scena</i>	110	136	124	6,3055
	<i>Max scena</i>	123	148	136	6,9577
	<i>range</i>	5	22	12,3	4,0431
	<i>picco</i>	118	138	130	5,6531
banda 7	<i>Min scena</i>	22	37	31,5	6,19
	<i>Max scena</i>	39	65	52,2	7,0931
	<i>range</i>	11	37	20,7	4,1627
	<i>picco</i>	35	47	40,7	5,7822

Esiste una differenza significativa tra i range dei valori di DN osservati nelle diverse bande ($F_{(6, 154)}=61,172$, $p=0,0000$. One-way ANOVA). Il *post-hoc* test ha evidenziato che

differenze significative sono presenti nel confronto tra le bande 4 e 5 con tutte le altre (Tukey HSD test). Infatti l'intervallo medio dei valori di DN è piuttosto ristretto nelle bande 1, 2, 3, 6 e 7 (da un minimo di 12 nella banda 6 ad un massimo di 20 nella banda 7), mentre nelle bande 4 e 5, si è osservato, in ogni caso, un ampio scattering della distribuzione dei valori del DN, con un range medio intorno a 40 (Figura 1). Pertanto esclusivamente nelle bande 1, 2, 3, 6 e 7 è possibile identificare un intervallo caratteristico di DN, ovvero una caratteristica firma spettrale. Anche l'ampiezza massima della risposta spettrale osservate in tutte le scene è risultata molto simili per le bande 1, 2, 3, 6 e 7, compresa in un intervallo di 36-47 (tabella 2).

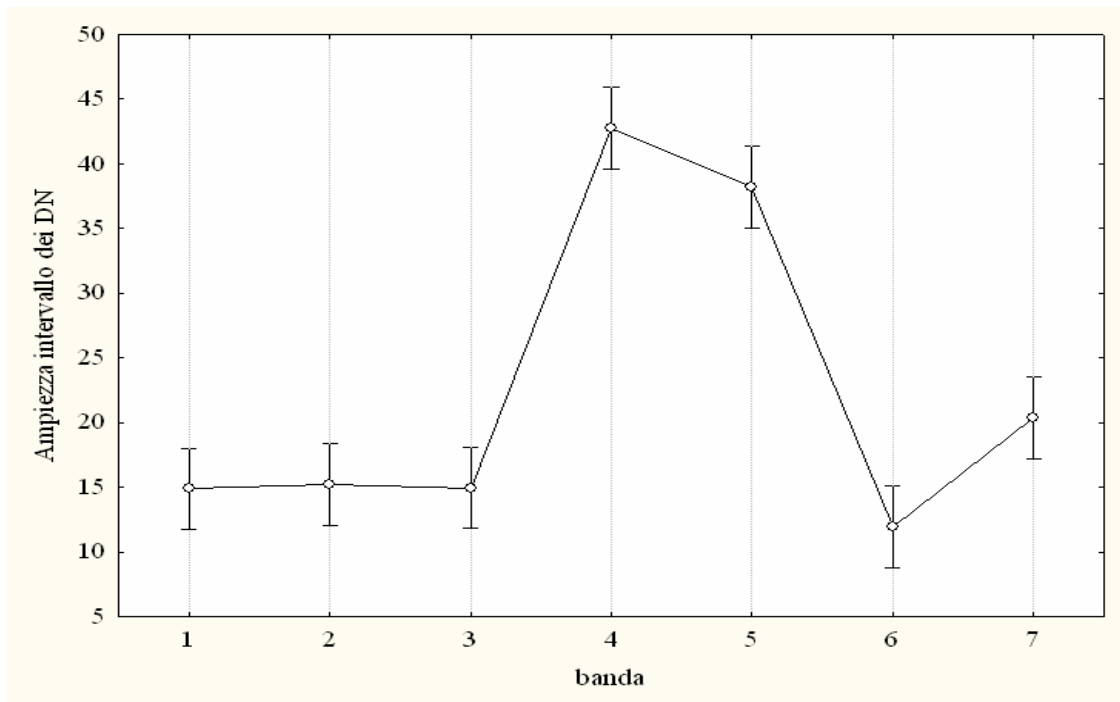


Figura 1: Ampiezza media dell'intervallo dei DN per ogni banda. Le linee verticali indicano un intervallo di confidenza del 95%.

Nella tabella 1 è riportato anche l'intervallo di valori corrispondenti al picco di frequenza dei DN per tutte le bande, tranne che per la banda 4 e la banda 5, per le quali, come già evidenziato dall'analisi dei grafici, non è stato possibile individuare alcun picco di frequenza dei valori di DN. Nelle bande 1, 2, 3 e 6 il picco di frequenza osservato ricade in un intervallo di ampiezza 19-12 valori di DN. Nel caso della banda 7, invece, il range osservato è molto più ristretto: nell'87% delle scene analizzate il picco ricade nell'intervallo DN = 38-44 (figura 2 e tabella 2).

Per i motivi sopra riportati le bande 4 e 5 non sono state considerate nelle successive elaborazioni statistiche.

Tabella 2: Distanza massima dei picchi ed ampiezza massima della risposta spettrale relativi al mosaico di immagini per le bande ritenute utilizzabili per l'identificazione della firma spettrale.

	banda 1	banda 2	banda 3	banda 6	banda 7
picco (max) – picco (min)	18	19	18	20	12
DN_{max} - min	47	36	36	38	43

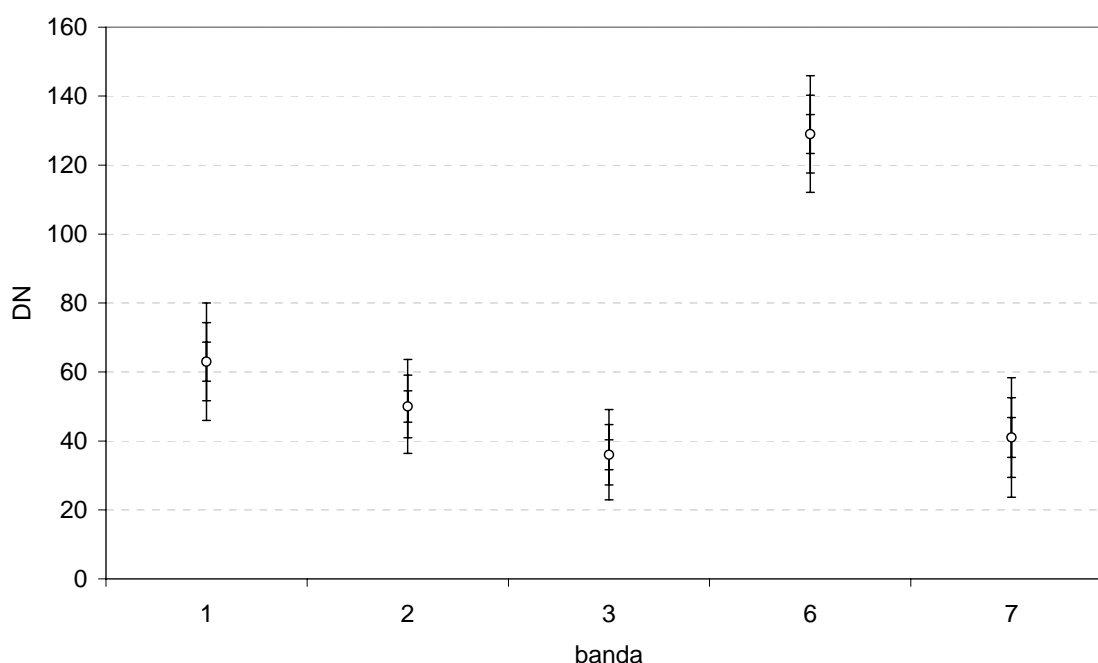


Figura 2: Picco di frequenza dei DN (media) per le bande in cui esso è riconoscibile. Le barre di errore indicano la deviazione standard*1,*2 e *3.

E' stato realizzato un confronto tra le scene raggruppate in base alla loro distribuzione geografica (Nord, Centro e Sud). Le distribuzioni dei valori dei DN per i parametri Picco, Minimo, Massimo e Range in funzione della distribuzione geografica delle scene, sono state rappresentate graficamente tramite diagrammi *Box-and-Wisker* (Figure 3-6), che riassumono in cinque numeri le informazioni contenute nella distribuzione: la mediana (il punto centrale), il primo ed il terzo quartile – 25%-75% (*box*), il valore minimo e quello massimo (*wisker*). Tali diagrammi rappresentano visivamente la misura della tendenza centrale attraverso al mediana, il grado di dispersione o variabilità dei dati rispetto alla mediana attraverso l'intervallo interquartilico (l'intervallo aumenta al crescere della dispersione –varianza - dei dati) e la forma della distribuzione, in particolare la simmetria.

Dalla figura 3 si può osservare che il picco di frequenza dei DN tende ad assumere valori più alti nelle scene che rappresentano le regioni dell'Italia meridionale, in tutte le bande considerate (1, 2, 3 e 6), tranne che nella banda 7. Tale differenza risulta statisticamente significativa però esclusivamente nella banda 2 ($H_{(2,23)} = 6,4855$, $p = 0,0391$. Kruskal-Wallis ANOVA test). Un simile andamento è riscontrabile considerando i valori Minimo e massimo dei DN di tutte le scene (figure 4 e 5): essi assumono un valori maggiori dei DN nelle scene dell'Italia meridionale in tutte le bande considerate (1, 2, 3 e 6), tranne che nella banda 7. Tuttavia la differenza è statisticamente significativa soltanto per il Minimo ed esclusivamente nelle bande 2 ($H_{(2,23)} = 8,7591$, $p = 0,0125$. Kruskal-Wallis ANOVA test), e 3 ($H_{(2,23)} = 6,8711$, $p = 0,0322$. Kruskal-Wallis ANOVA test). Il confronto statistico dei parametri sopra riportati per tutte le altre bande (Min, Max, Range e Picco) non ha evidenziato differenze significative tra le scene distribuite al Nord, Centro e Sud dell'Italia, (i valori del test Kruskal-Wallis ANOVA, sono riportati in tabella 3).

Tabella 3: Valori del test di Kruskal-Wallis ANOVA e livello di significatività ottenuti per il confronto tra le scene raggruppate in base alla distribuzione geografica.

	<i>Max scena</i>		<i>Min scena</i>		<i>Range scena</i>		<i>Picco scena</i>	
	$H_{(2,23)}$	p	$H_{(2,23)}$	p	$H_{(2,23)}$	p	$H_{(2,23)}$	p
banda 1	1,6984	0,4277	5,1284	0,077	1,4436	0,4859	1,624	0,444
banda 2	2,388	0,303	8,7591	0,0125	2,4826	0,289	6,4855	0,0391
banda 3	3,349	0,1874	6,8711	0,0322	2,4992	0,2866	4,1347	0,1265
banda 6	4,569	0,1018	1,4678	0,48	0,6184	0,734	4,6506	0,0978
banda 7	1,4128	0,4934	1,7531	0,4162	2,0529	0,3583	1,9646	0,3744

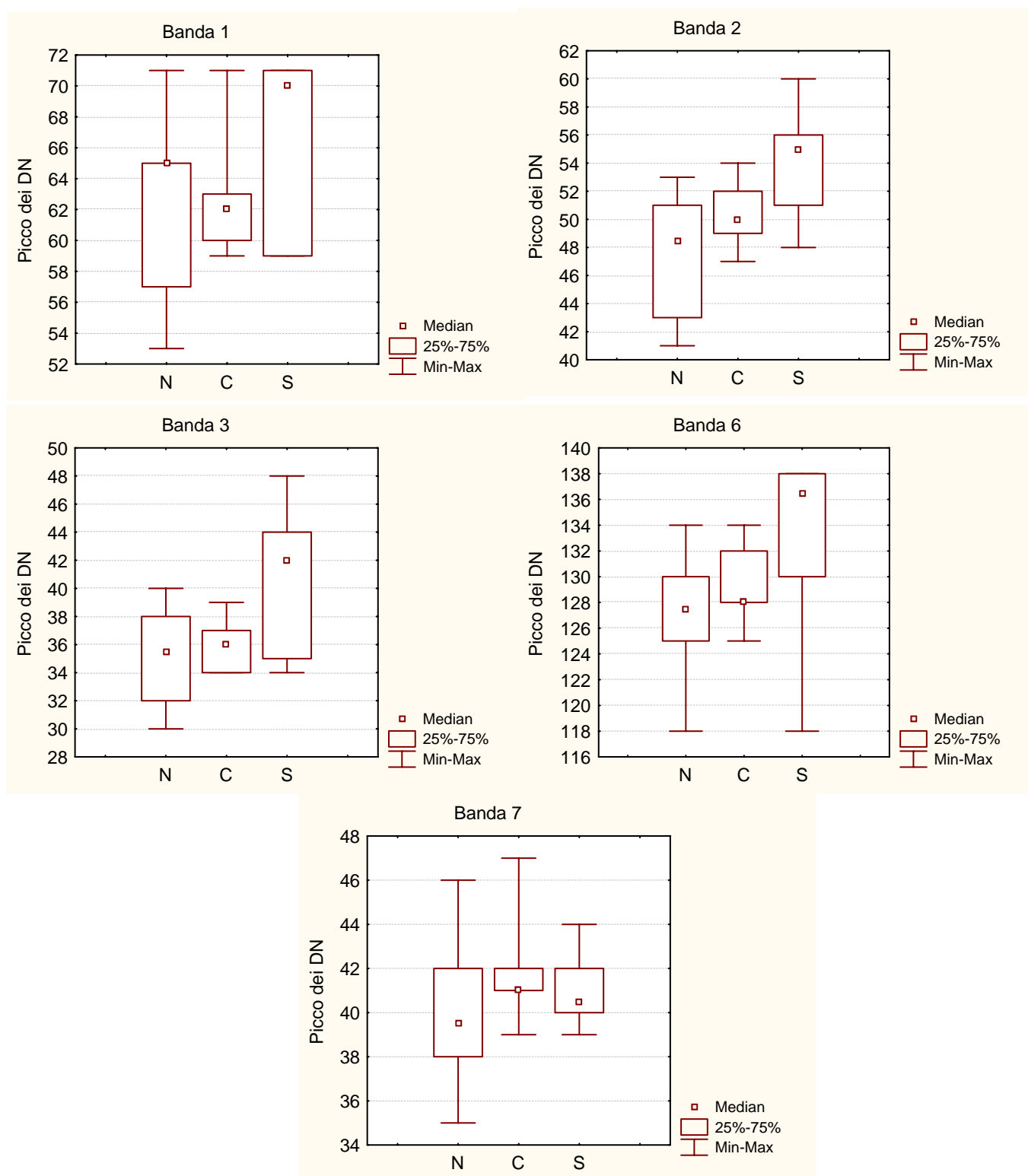


Figura 3: Boxplot che rappresentano le distribuzioni dei valori dei Picchi di frequenza dei DN delle scene raggruppate in base alla distribuzione geografica (Nord, Centro e Sud).

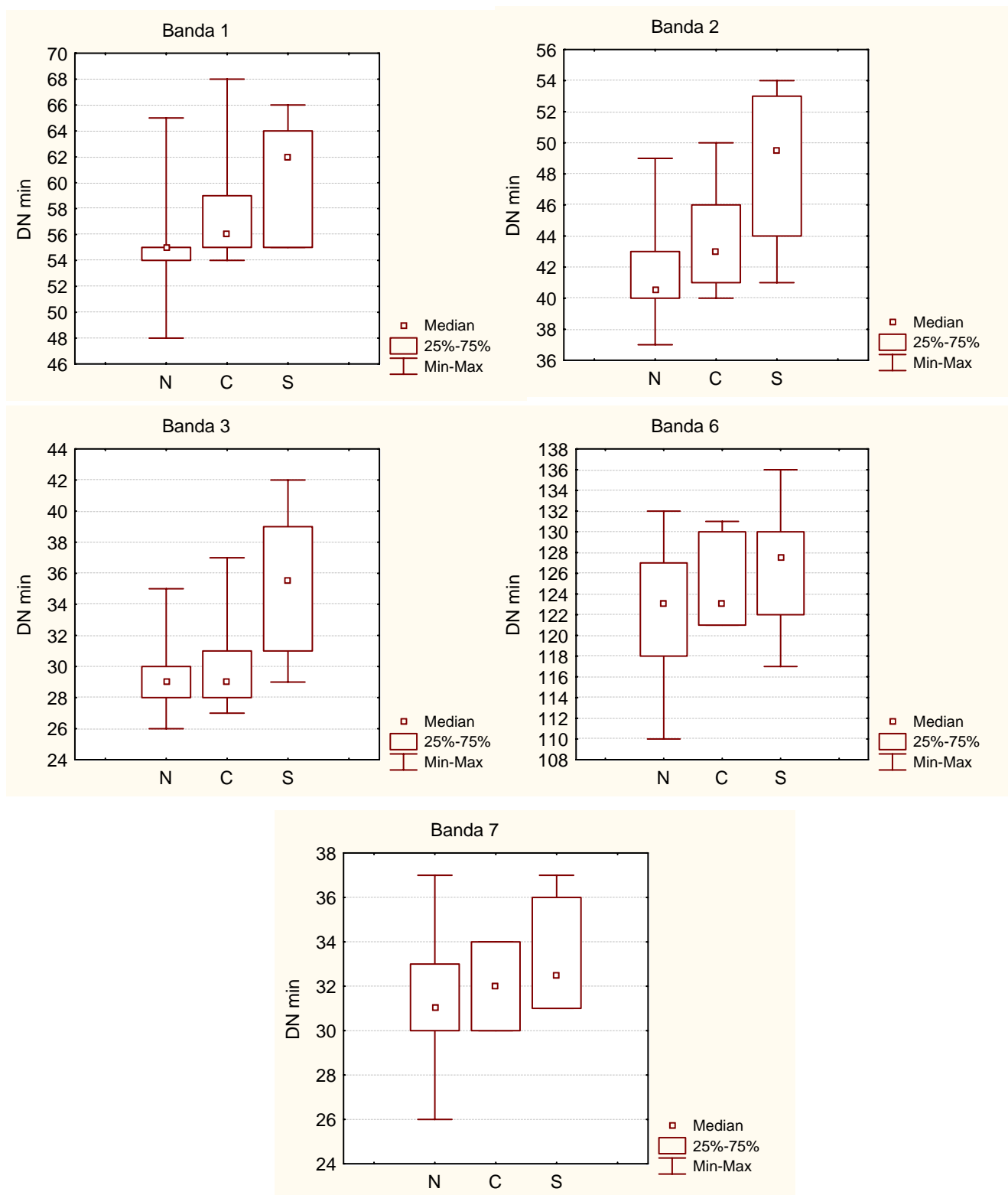


Figura 4: Boxplot che rappresentano le distribuzioni dei valori Minimi dei DN delle scene raggruppate in base alla distribuzione geografica (Nord, Centro e Sud).

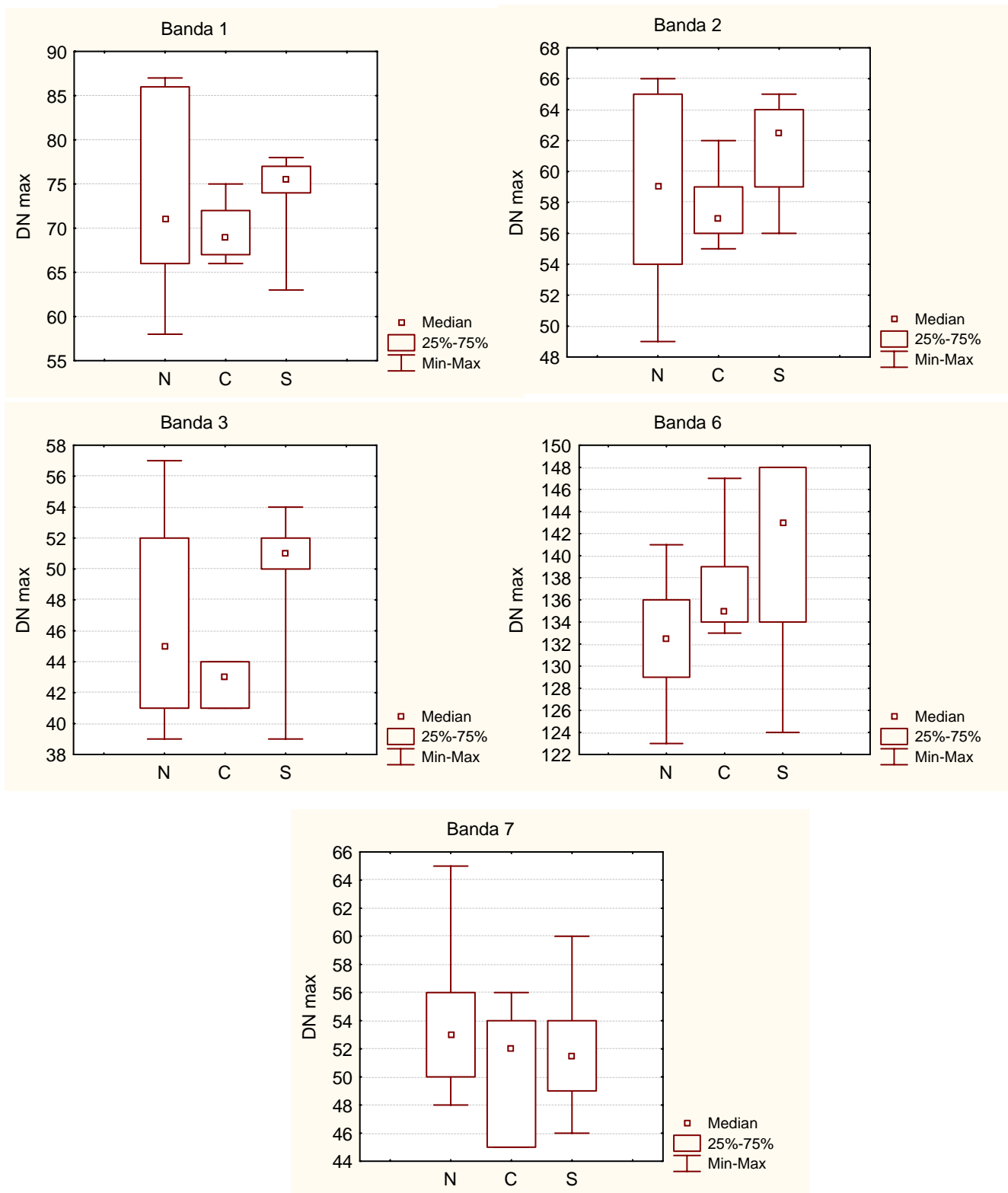


Figura 5: Boxplot che rappresentano le distribuzioni dei valori Massimi dei DN delle scene raggruppate in base alla distribuzione geografica (Nord, Centro e Sud).

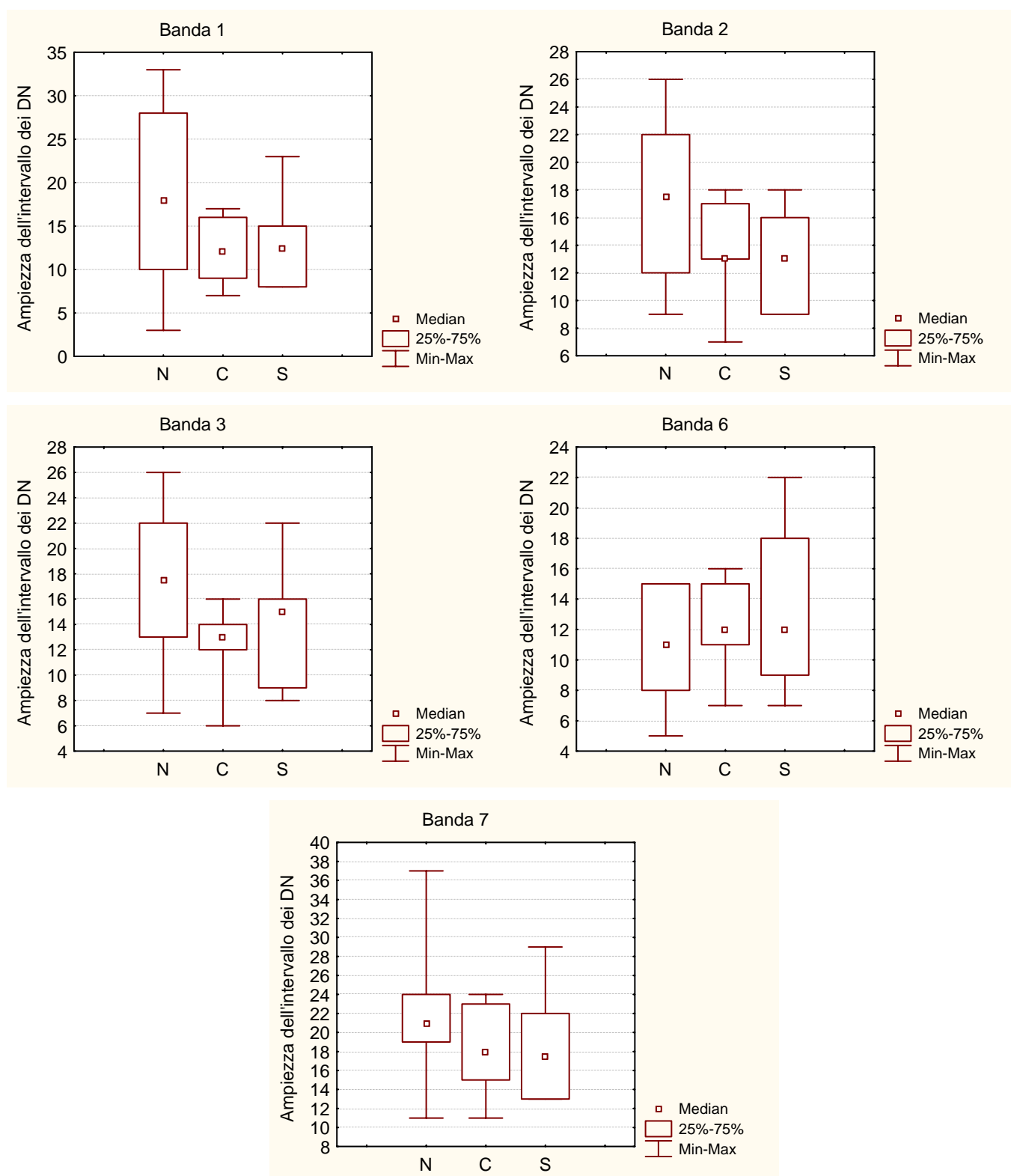


Figura 6: Boxplot che rappresentano le distribuzioni del range dei valori dei DN delle scene raggruppate in base alla distribuzione geografica (Nord, Centro e Sud).

Per quanto riguarda lo studio dell'influenza della stagione sulla firma spettrale è stato effettuato un analogo confronto tra le scene raggruppate in base al periodo di acquisizione. L'analisi statistica non ha messo in evidenza differenze significative per i parametri considerati (i valori del test Kruskal-Wallis ANOVA, sono riportati in tabella 4).

Tabella 4: Valori del test di Kruskal-Wallis ANOVA e livello di significatività ottenuti per il confronto tra le scene raggruppate in base al periodo di acquisizione.

	<i>Max scena</i>		<i>Min scena</i>		<i>Range scena</i>		<i>Picco scena</i>	
	H _(3,23)	p	H _(3,23)	p	H _(3,23)	p	H _(3,23)	p
banda 1	1,2029	0,7523	5,3518	0,1459	0,9088	0,8233	2,2749	0,5173
banda 2	1,8477	0,6046	7,8386	0,0495	0,6527	0,8843	6,6924	0,0824
banda 3	1,1189	0,7725	3,1953	0,3625	2,7659	0,4291	2,7659	0,4291
banda 6	5,3315	0,1491	10,5959	0,0141	3,5835	0,3101	6,2491	0,1001
banda 7	7,8914	0,0483	4,8965	0,1795	7,0289	0,071	6,8056	0,0784

Al fine di evidenziare le eventuali variazioni della firma spettrale in funzione delle condizioni atmosferiche sono state valutate anche alcune variabili meteorologiche che potrebbero influenzare le caratteristiche spettrali delle scene acquisite. Gli indicatori climatologici considerati sono stati: a) la bagnatura fogliare media, b) il bilancio idrico giornaliero medio e c) l'umidità relativa media (tabella 5). I valori mensili negli anni 1999-2002 di tali grandezze sono resi disponibili dal Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA), attraverso l'elaborazione delle serie temporali di dati misurati da diverse reti di osservazione.

Tenendo conto di tali grandezze sono quindi state confrontate scene acquisite nello stesso mese di anni diversi ma con medesima localizzazione geografica (considerando come suddivisione Nord, Centro e Sud Italia): dal confronto dei parametri misurati dei DN non emergono differenze apprezzabili in nessun caso, né tanto meno si osservano differenze degne di nota tra i valori degli indicatori climatologici.

Tabella 5: valori degli indicatori climatologici per le scene considerate nei confronti. Fucsia: Sud; Verde: Centro; Arancione: Nord.

Scena	Data di acquisizione	Bagnatura fogliare (ore)	bilancio idrico (mm)	umidità (%)
188032	26/05/2000	8	-5	77
189034	30/05/2000	4	-4,5	68
190030	22/06/2000	4	-4	69
190031	09/06/2001	8,5	-5	69
191031	16/06/2001	4	-5	69
192030	06/07/2000	8	np	np
195029	27/07/2000	3	-3,5	74
188034	26/07/2000	0,5	-7,5	54
192027	26/07/2001	np	np	np
194029	23/07/2001	3	-1,5	79
191030	16/08/2000	8,5	np	np
192029	06/08/2000	7	-5,5	74
191029	16/08/2000	np	-4,5	74
189032	02/08/2000	11,5	-5	85
195028	15/08/2001	np	np	66
193029	01/08/2001	8	-5	77
191028	15/09/1999	6,5	-3	81
192028	08/09/2000	8	-3	81
194028	09/09/2001	np	-1	76

3.2 Scene sovrapposte

Per avere un più accurato confronto delle firme spettrali sia in funzione del periodo di acquisizione delle scene, sia in funzione delle condizioni meteo-climatiche in anni diversi, sono stati confrontate quelle porzioni di territorio coperte da più scene. Anche in questo caso sono stati tenuti in considerazione i valori degli indicatori climatologici per i periodi e le aree considerate.

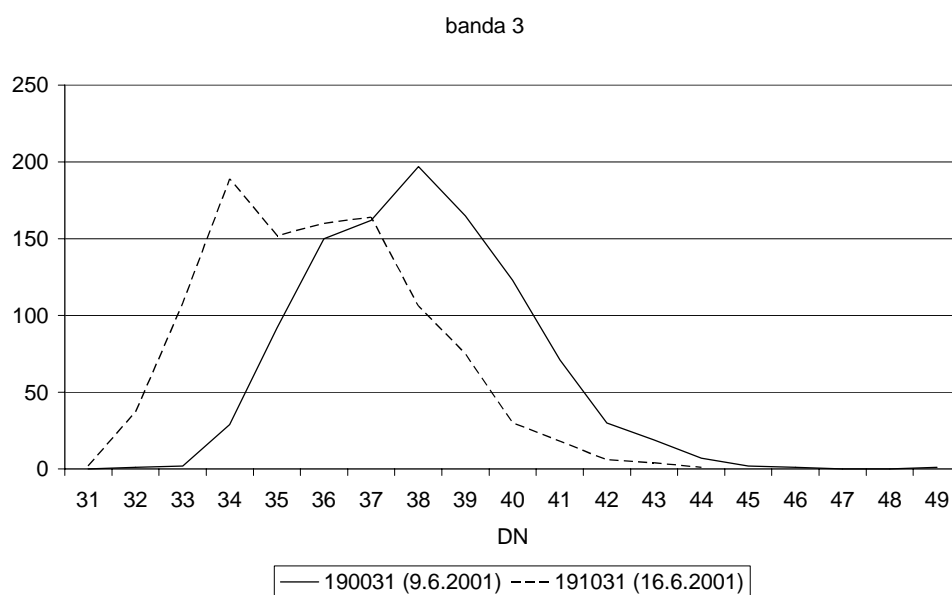
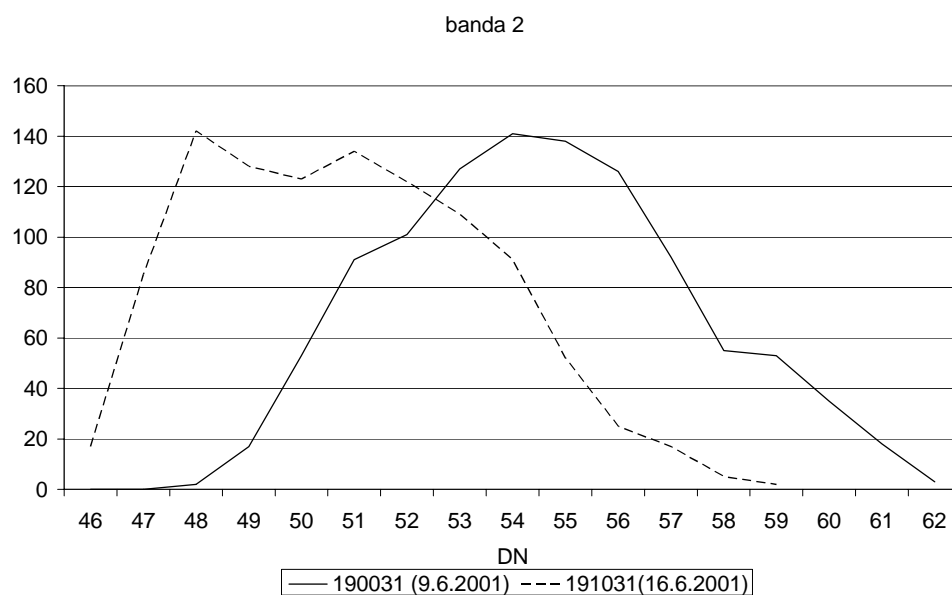
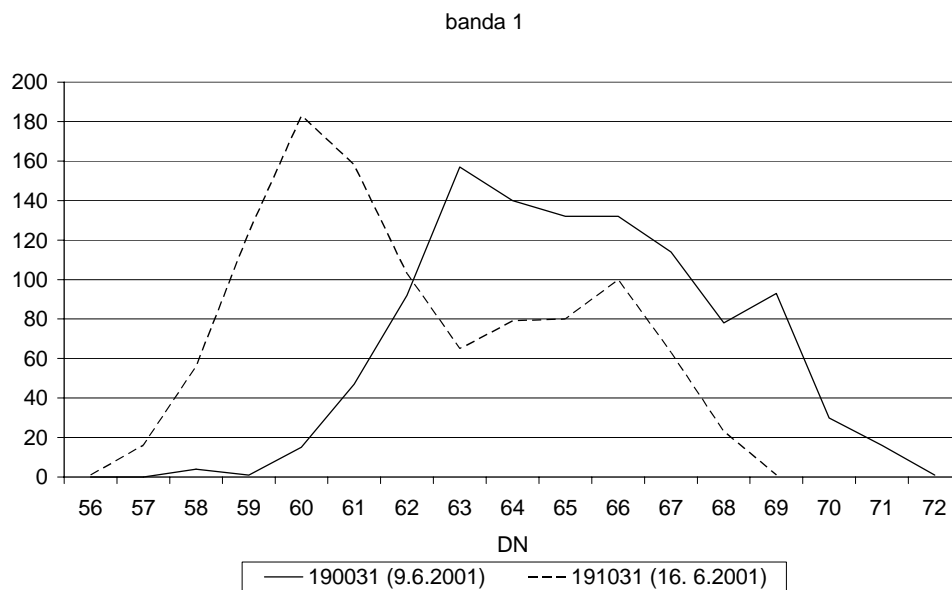
In particolare per tutte le coppie di scene sovrapposte sono stati confrontati i seguenti parametri dei valori di DN ottenuti per le bande 1, 2, 3, 6 e 7: *Min scena*; *Max scena*; *Range scena* e *Picco scena*.

Come atteso, confrontando scene sovrapposte ottenute nello stesso mese dello stesso anno si osserva uno scarto minimo (compreso tra 0 e 5) nei valori dei DN dei parametri sopra riportati (figura 7). Risultati simili si ottengono dal confronto delle scene acquisite nei mesi di luglio e agosto dello stesso anno (figura 8). Invece comparando scene acquisite in primavera con quelle acquisite nell'estate dello stesso anno (fine di maggio con l'inizio di agosto e con fine luglio) si osserva uno scarto più ampio, anche se comunque abbastanza

limitato (compreso tra 1 e 23 per le bande 1, 2, 3, 6 e 7) (figura 9). Differenze si riscontrano anche tra scene acquisite a metà e fine estate: si osservano picchi ed intervalli con valore più basso a settembre rispetto alle stesse aree acquisite in agosto dello stesso anno.

Infine considerando scene acquisite nello stesso mese, ma in anni differenti, lo scarto ottenuto è compreso tra 0 e 7, risultato molto simile a quello ottenuto per le scene dello stesso anno (figura 10).

In tutti i casi si non ci sono differenze apprezzabili tra i valori degli indicatori climatologici considerati nei periodi ed aree confrontate.



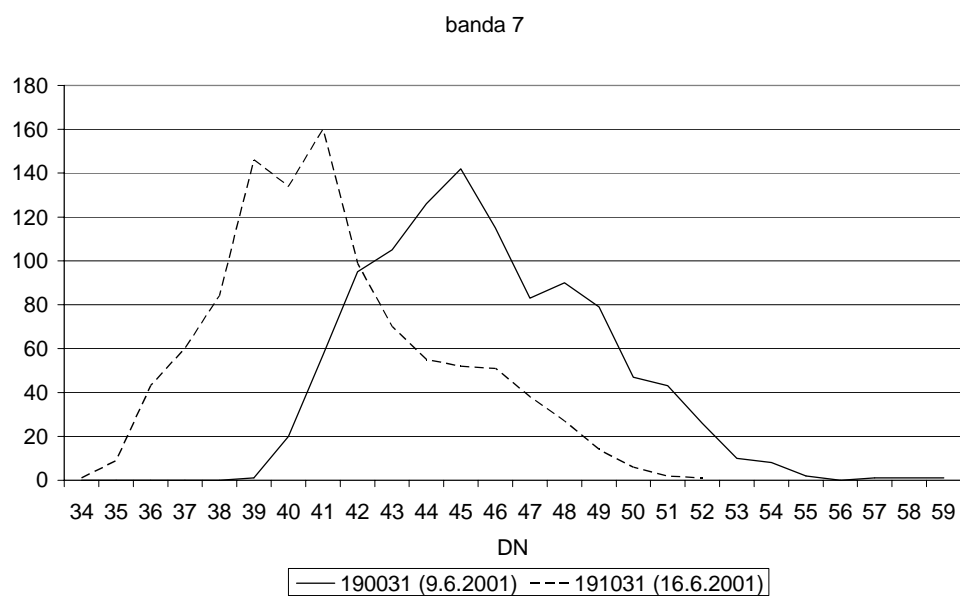
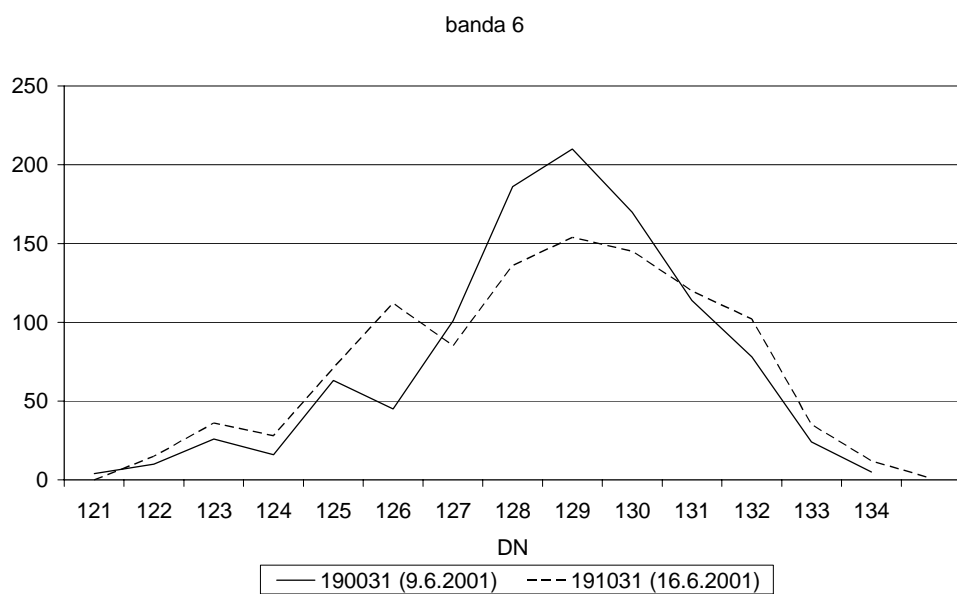
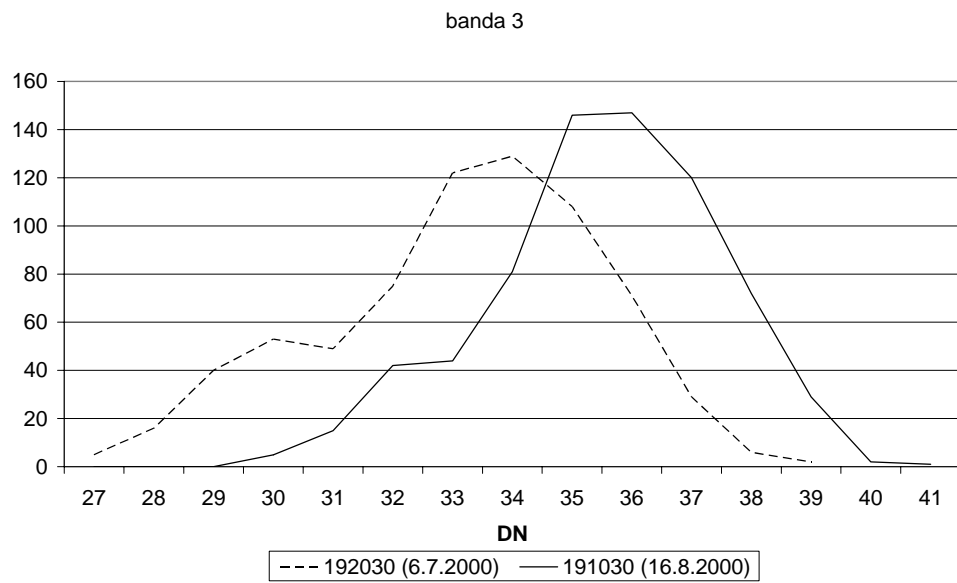
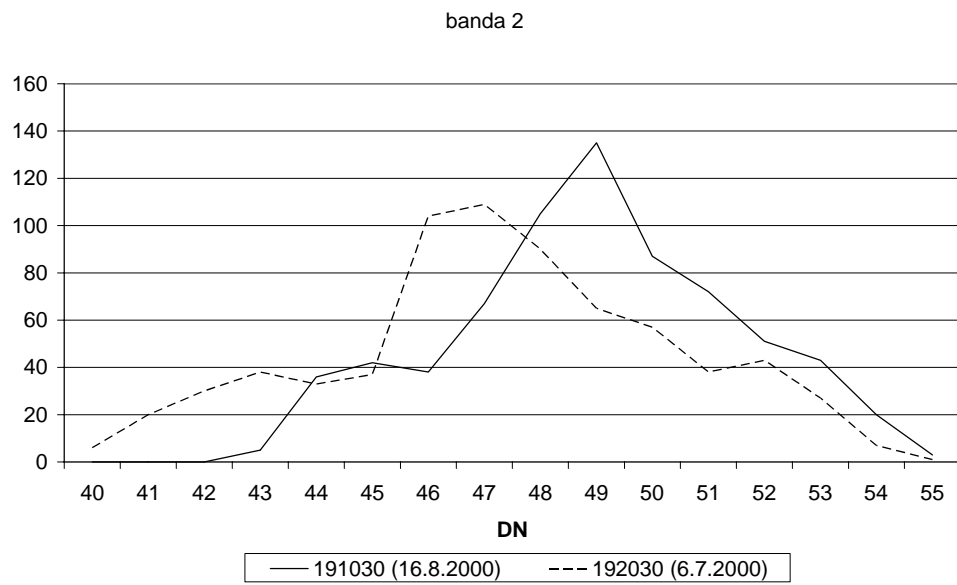
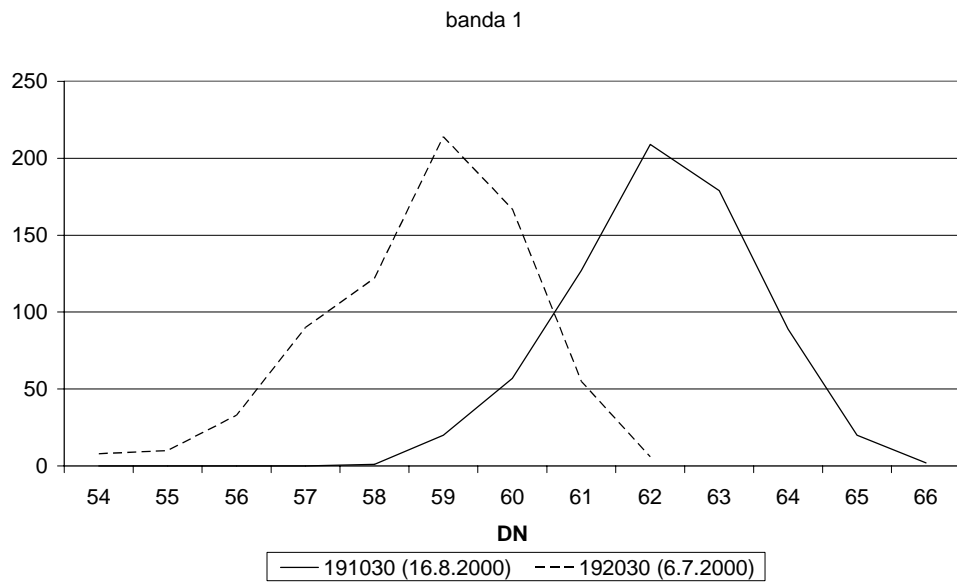


Figura 7: Distribuzione dei DN estratti dalle stesse aree, selezionate in scene sovrapposte acquisite nello stesso mese, stesso anno.



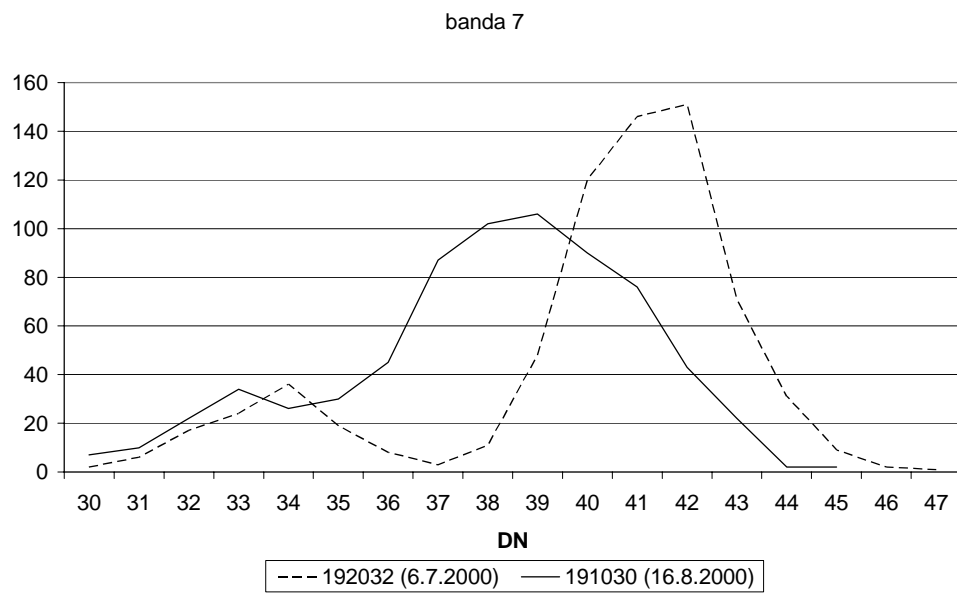
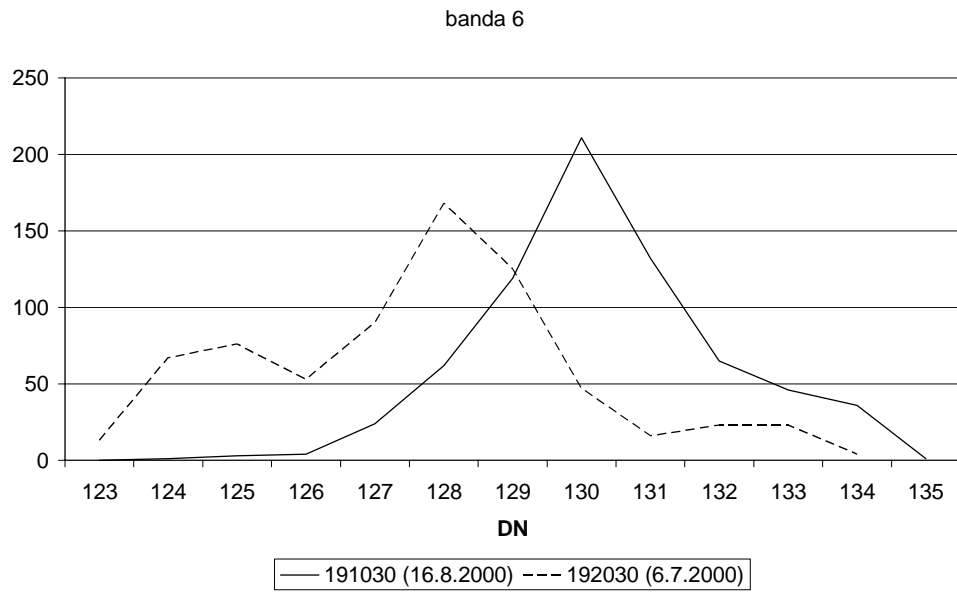
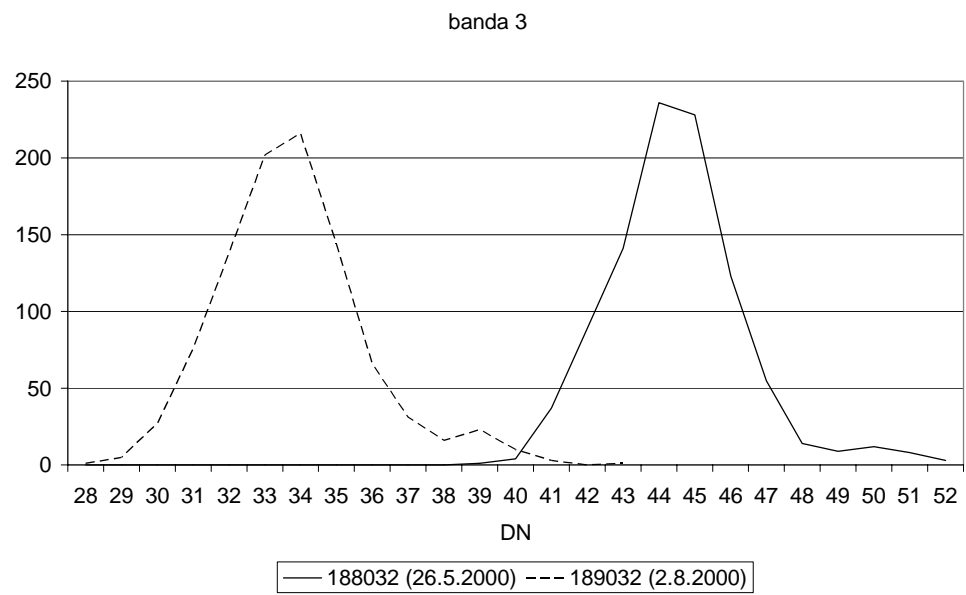
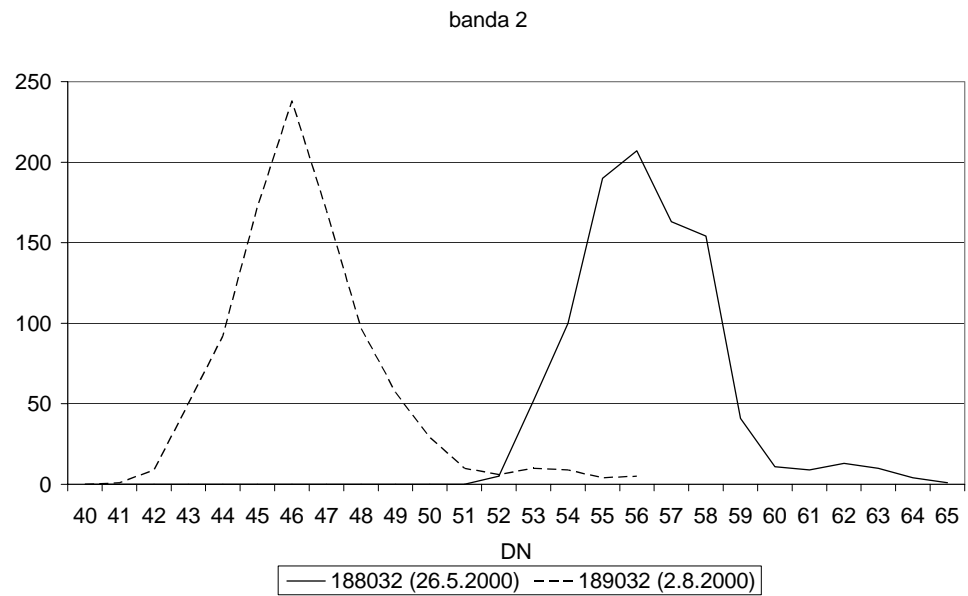
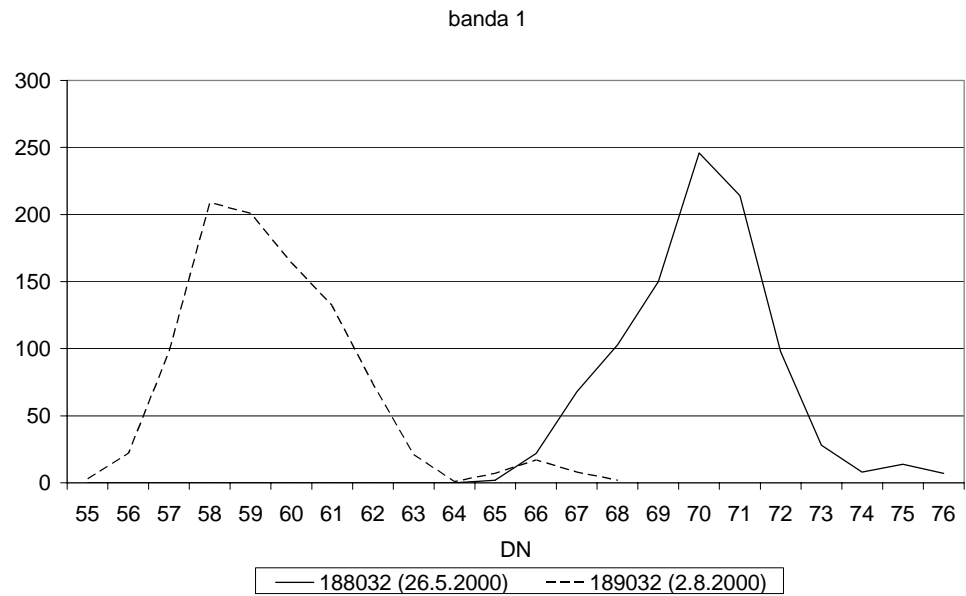


Figura 8: Distribuzione dei DN estratti dalle stesse aree, selezionate in scene sovrapposte acquisite nei mesi di luglio e agosto dello stesso anno.



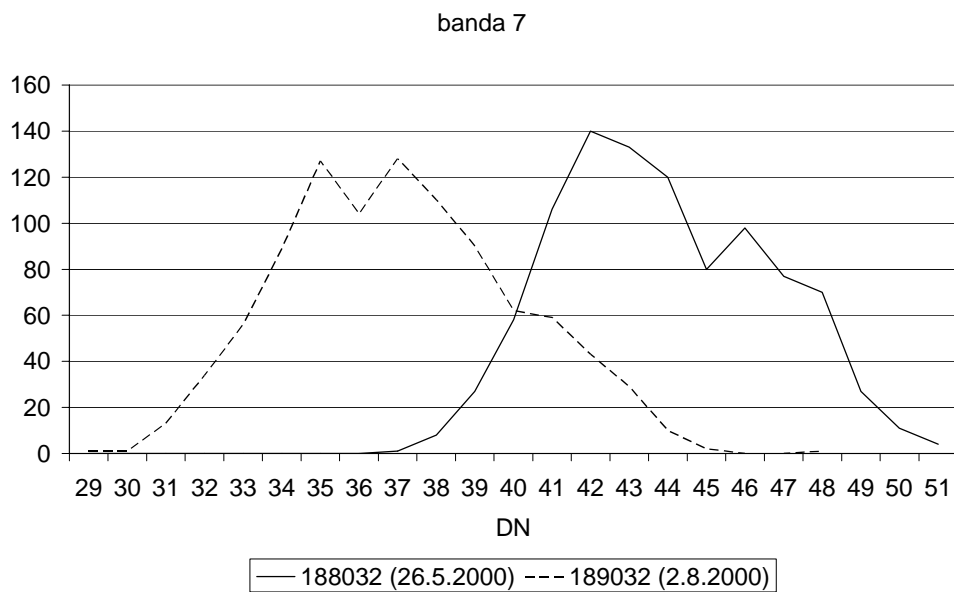
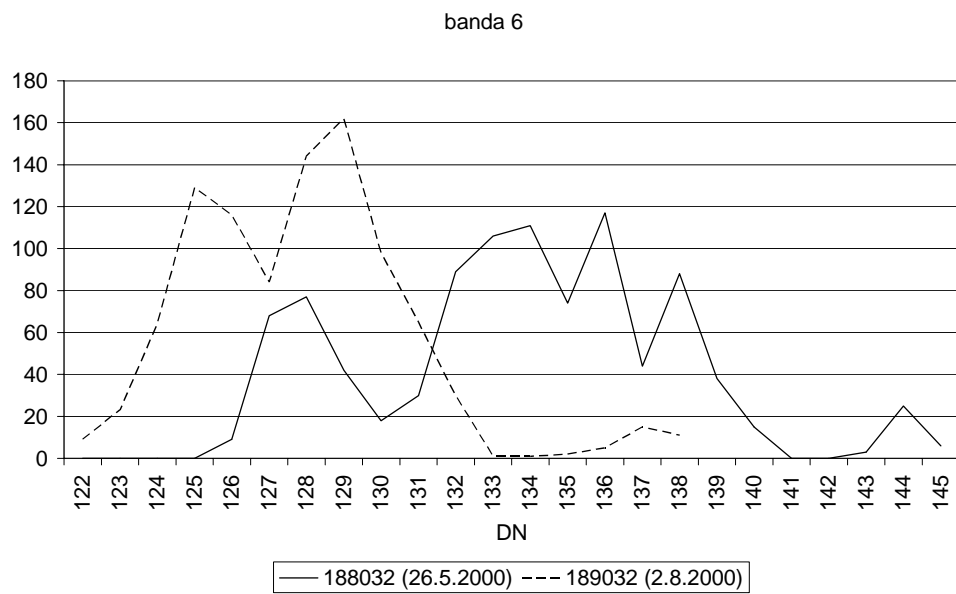
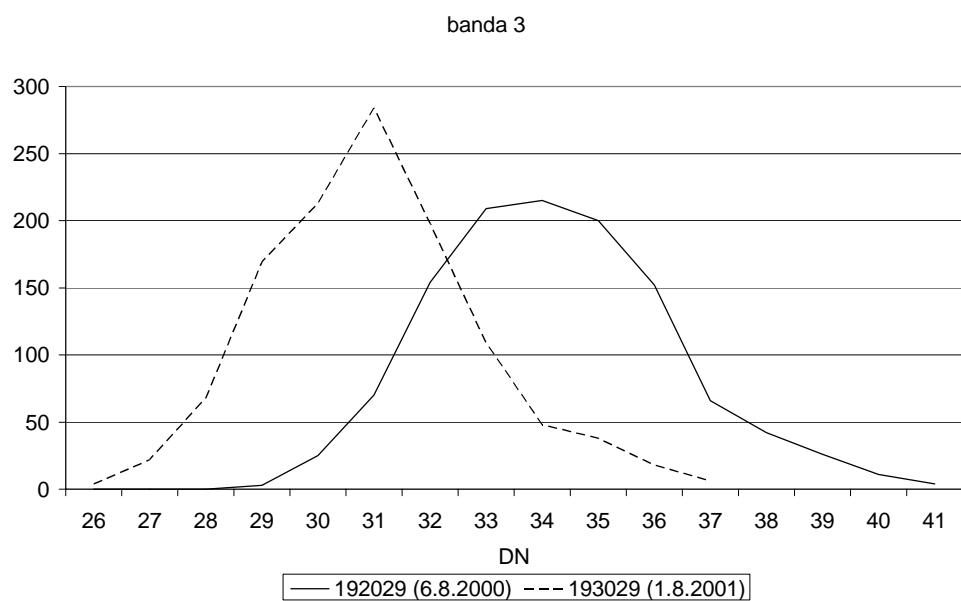
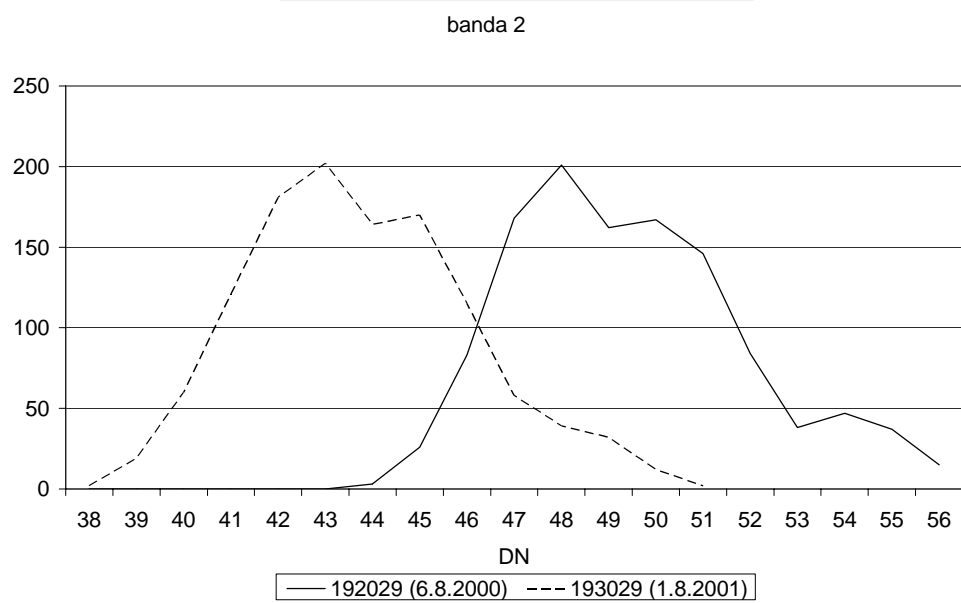
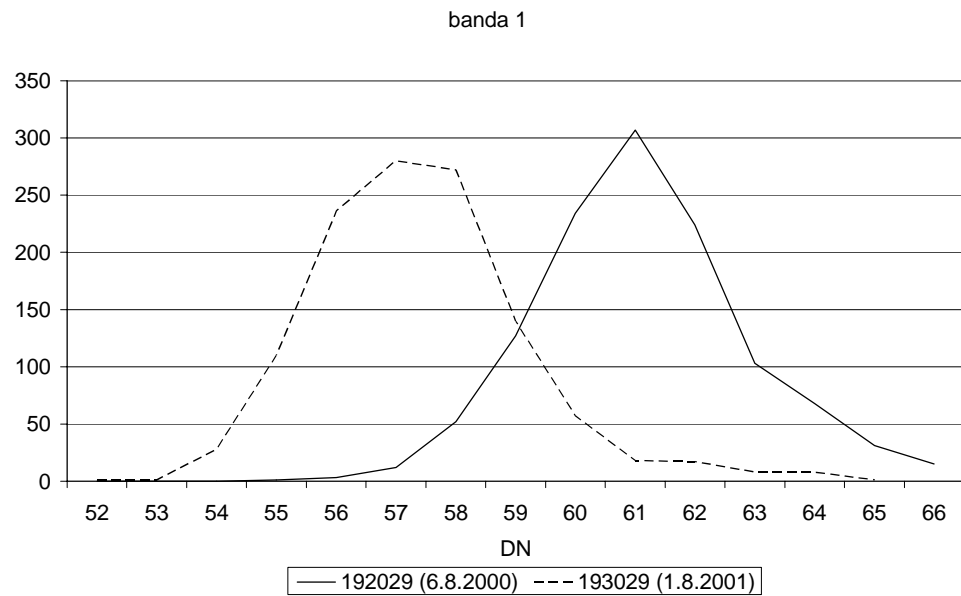


Figura 9: Distribuzione dei DN estratti dalle stesse aree, selezionate in scene sovrapposte acquisite in primavera con quelle acquisite nell'estate dello stesso anno.



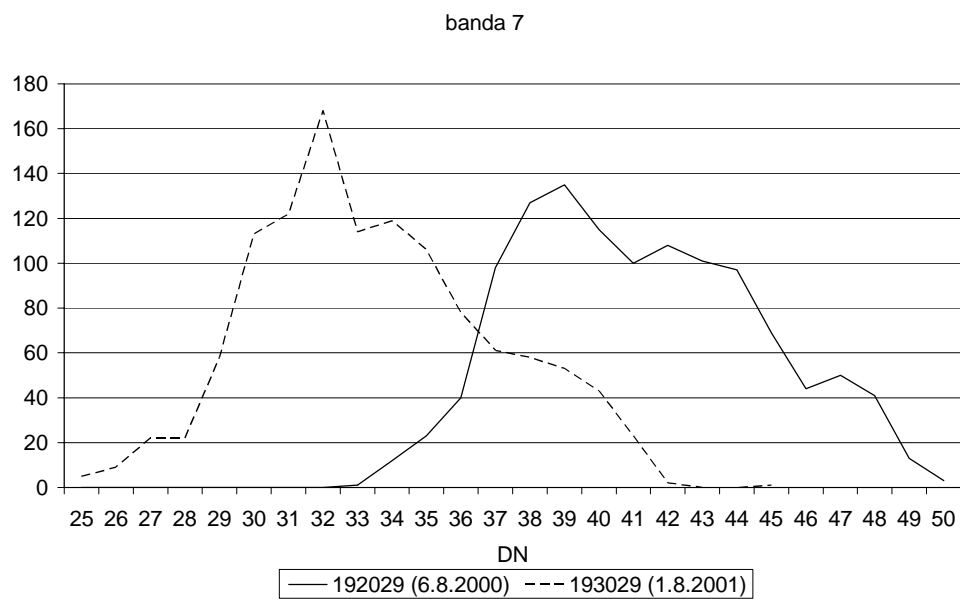
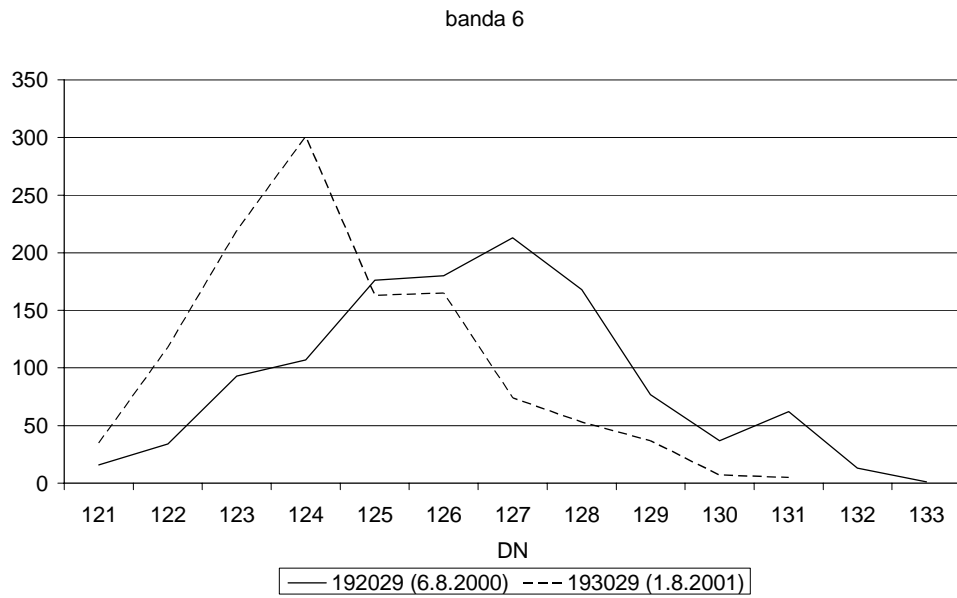


Figura 10: Distribuzione dei DN estratti dalle stesse aree, selezionate in scene sovrapposte acquisite nello stesso mese in anni diversi.

4. Conclusioni

Il presente lavoro aveva come obiettivo principale quello di studiare e definire la firma spettrale del tematismo “boschi a prevalenza di faggi” attraverso metodologie basate sull’analisi d’immagine, tramite l’utilizzo del programma Envi 4.2 (RSinc), al fine ultimo di creare un database che raccogliesse la firma spettrale di determinate coperture vegetazionali a carattere boschivo.

A tale scopo, per il riconoscimento delle migliori bande utili all’identificazione della firma spettrale, sono stati considerati prioritari i seguenti parametri:

- ampiezza e costanza dell’intervallo dei DN dello spettro;
- regolarità della distribuzione dei DN (e quindi un andamento di tipo gaussiano);
- la possibilità di identificare un valore di picco che ricada in un ristretto intervallo di DN;
- la costanza dell’intervallo dei DN e del picco in funzione della distribuzione geografica, del periodo di acquisizione della scena e delle condizioni atmosferiche.

Lo studio della risposta spettrale, avvenuto attraverso l’analisi statistica delle distribuzioni dei DN, estratti dal mosaico di scene di tutta l’Italia, ovvero per ciascuna banda dei valori minimo e massimo, dell’ampiezza dell’intervallo, del valore medio, della deviazione standard e del picco di frequenza dei *pixel*, ha mostrato un diverso comportamento delle 7 bande che compongono le immagini digitali. Dai dati ottenuti dal risulta che esclusivamente nelle bande 1, 2, 3, 6 e 7 è possibile identificare un intervallo caratteristico di DN, ovvero una caratterizzante firma spettrale il tematismo delle faggete. Un confronto effettuato tramite l’analisi della varianza (ANOVA) ha evidenziato che tale intervallo è molto simile in queste bande, sia considerando il valor medio (12-20 DN), sia la sua ampiezza massima (36-47 DN). Inoltre gli spettri ottenuti da queste bande seguono una distribuzione regolare, approssimativamente gaussiana, ed è quindi possibile riconoscere un picco di frequenza dei DN: tali valori peraltro ricadono in un intervallo abbastanza ristretto (12-20 DN) contribuendo a delineare la peculiare firma spettrale di ciascuna banda.

Al contrario gli spettri delle bande 4 e 5 sono significativamente più ampi (ANOVA test) rispetto a quelli delle altre bande e presentano un ampio scattering della distribuzione dei valori del DN tale da non permettere l'identificazione di intervalli caratteristici; inoltre in queste bande l'andamento piuttosto irregolare dello spettro non permette neppure l'identificazione dei picchi di frequenza dei DN.

Escluse dalle analisi le bande 4 e 5 è stato necessario verificare se le firme spettrali identificate nelle altre bande fossero costanti rispetto alla localizzazione geografica ed a parametri climatici e stagionali.

Dal confronto statistico, tramite il test di Kruskal-Wallis, delle scene raggruppate in base alla distribuzione geografica (Nord, Centro e Sud), emerge che la firma spettrale nelle bande 1, 2, 3, 6 e 7 rimane piuttosto costante rispetto alla loro posizione: infatti nonostante si possano individuare dei trend nord-sud nei valori assunti dai parametri considerati, i test statistici non evidenziano differenze significative nel 90% dei casi.

Le firme spettrali raccolte in diversi periodi sono state confrontate sia tra le singole scene, sia tramite dati ottenuti da scene sovrapposte, tenendo in considerazione alcuni indicatori climatologici. Anche in questo caso dal confronto effettuato, tramite il test di Kruskal-Wallis, delle singole scene raggruppate in base alla data di acquisizione non risultano differenze significative tra i diversi mesi, né è stato possibile evidenziare alcun andamento mensile all'interno dei mesi primavera-estate. Dall'analisi delle porzioni di territorio coperte da più scene emerge una maggiore differenza, peraltro di modesta entità, tra diversi mesi in uno stesso anno che tra anni diversi dello stesso mese. Inoltre dal confronto dei parametri misurati dei DN rispetto ai valori degli indicatori climatologici considerati in nessun caso emergono differenze apprezzabili.

In conclusione si ritiene che una combinazione delle bande 1, 2, 3, 6 e 7, fissati gli intervalli massimi e minimi dello spettro e dei picchi, possa essere considerata come una caratteristica risposta spettrale per il tematismo dei faggi, ed utilizzata per l'identificazione di tale copertura vegetazionale in immagini satellitari, eventualmente attraverso l'utilizzo di metodi semi-automatici di mappatura.

5. Bibliografia

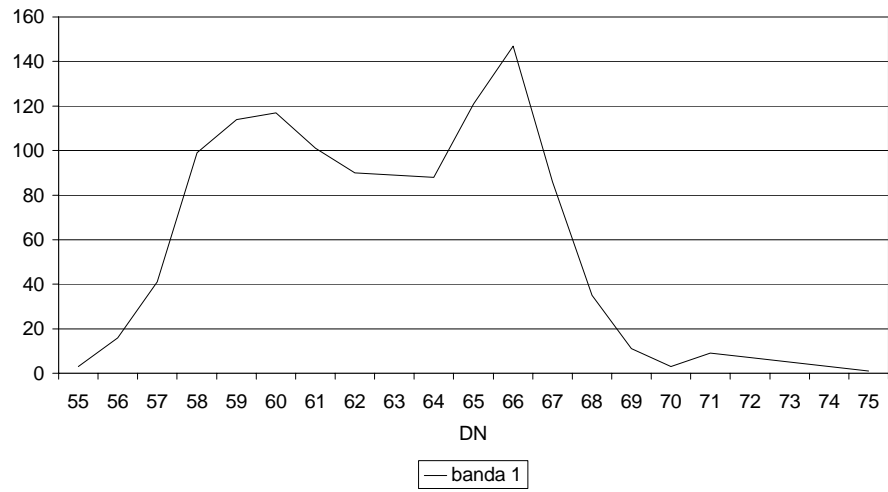
APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), 2005. La realizzazione in Italia del progetto europeo *Corine Land Cover 2000*. Rapporti 36/2005.

Chen Z.; Elvidge C. D. & Groeneveld D. P., 1998. Monitoring seasonal dynamics of arid land vegetation using AVIRIS data. *Remote Sensing of the Environment*, 65:255-266.

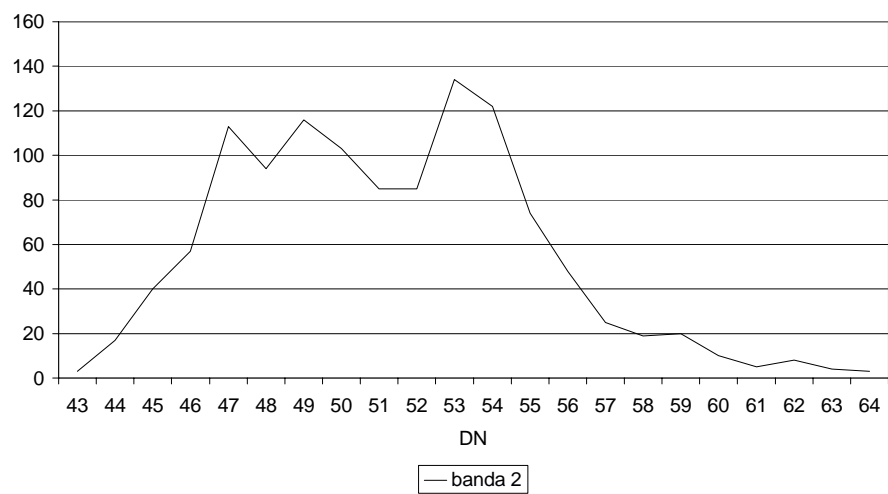
Sinclair T. R., Hoffer R. M. & Schreiber M. M., 1971. Reflectance and internal structure of leaves from several crops during a growing season. *Agron. J.* 63:864-868.

APPENDICE

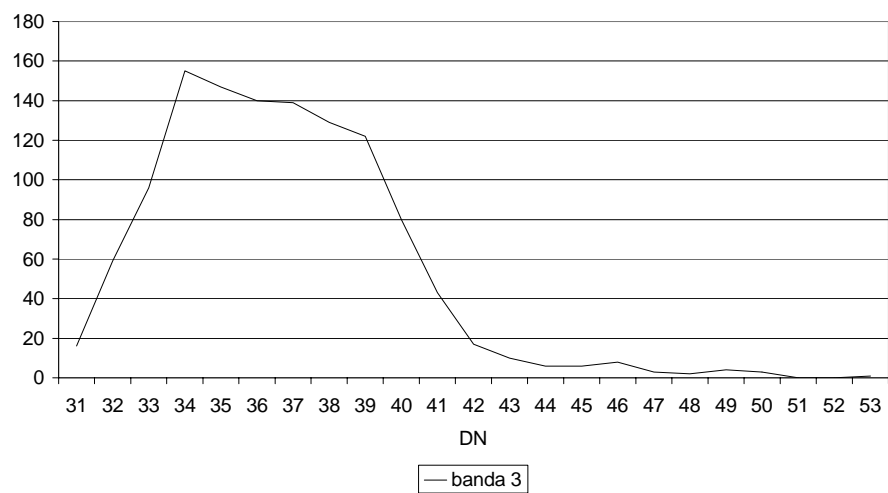
195029 (27.7.2000)

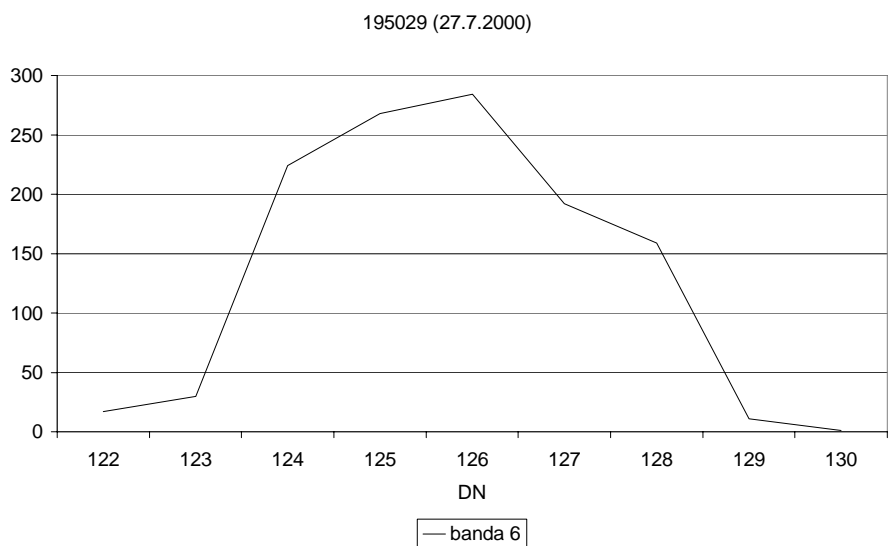
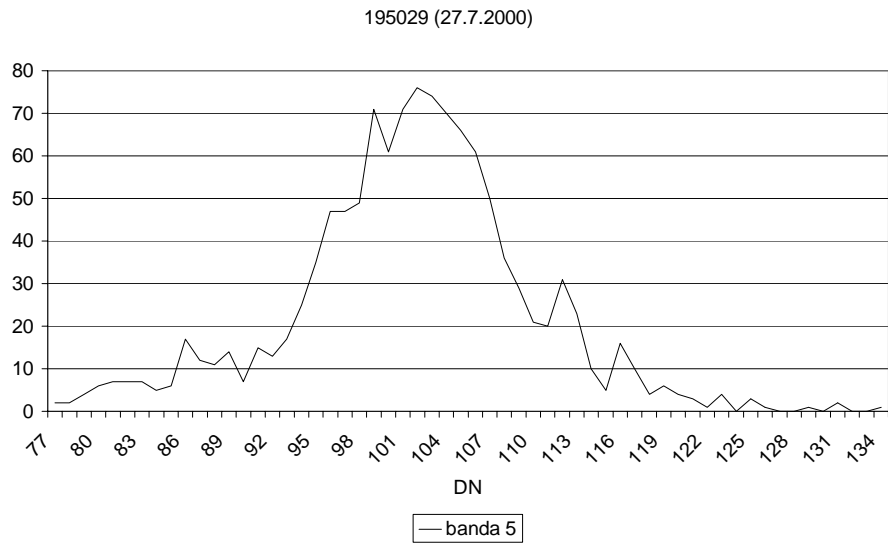
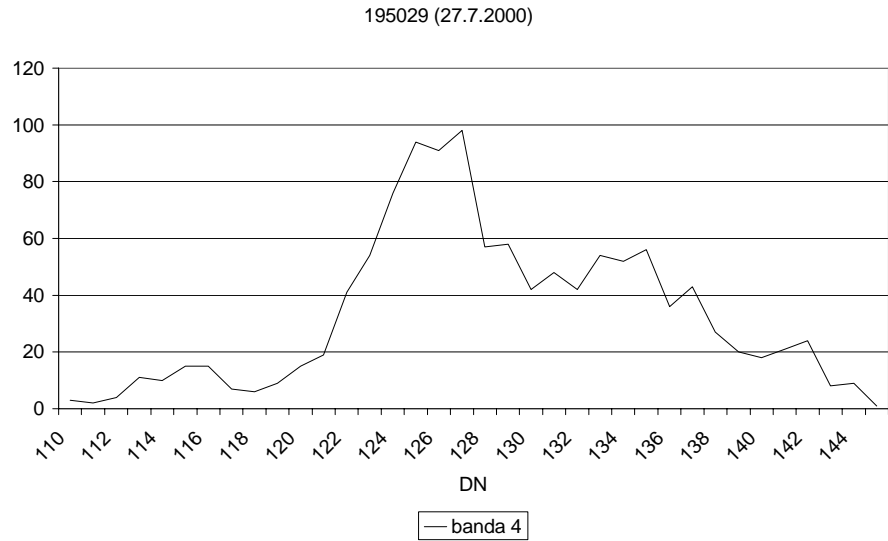


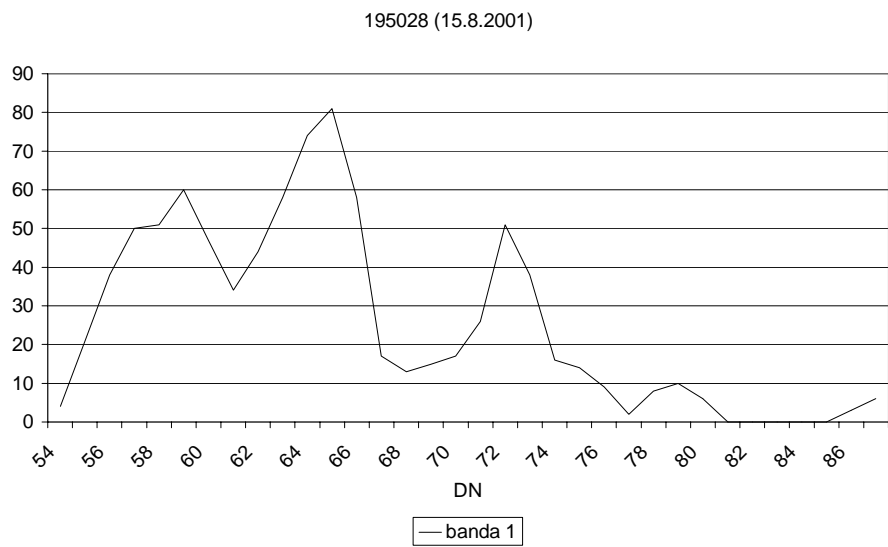
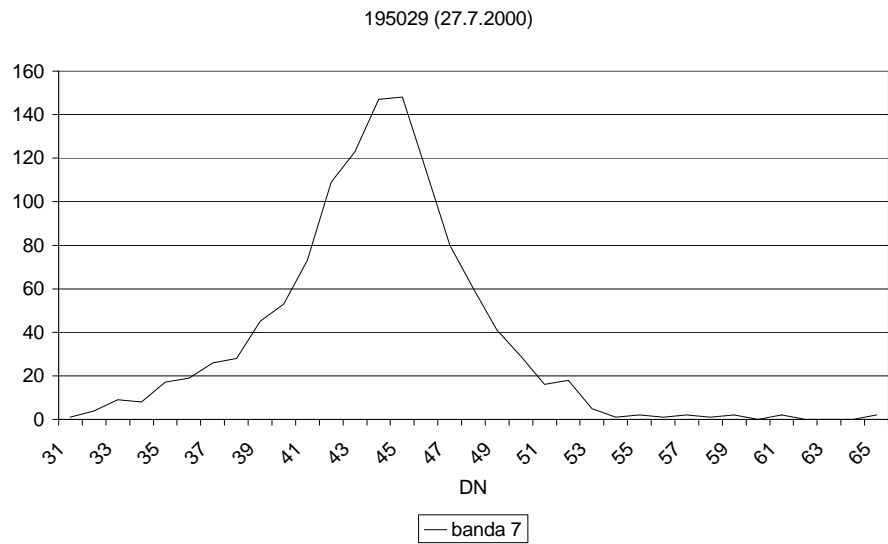
195029 (27.7.2000)

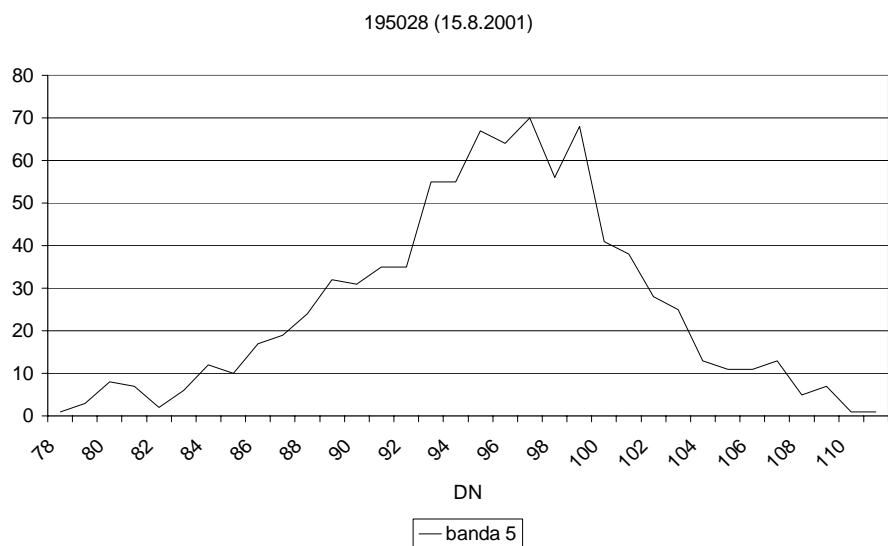
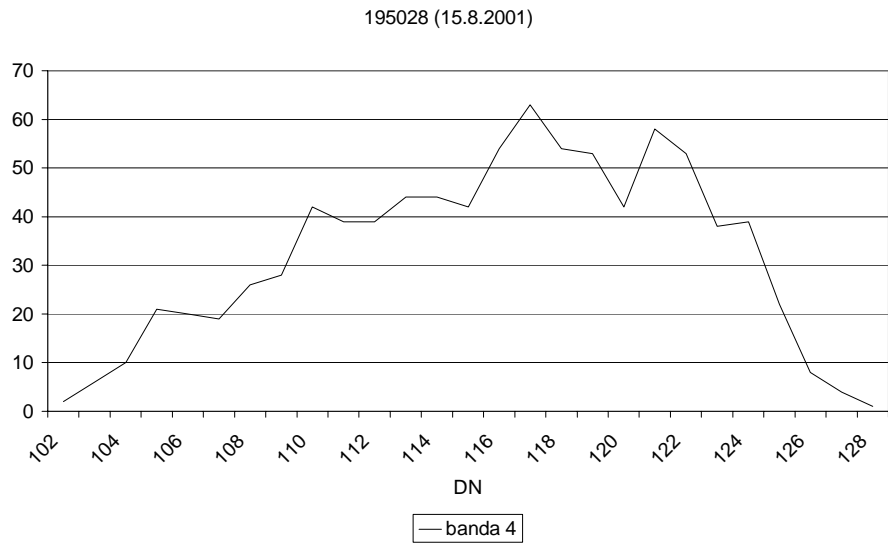
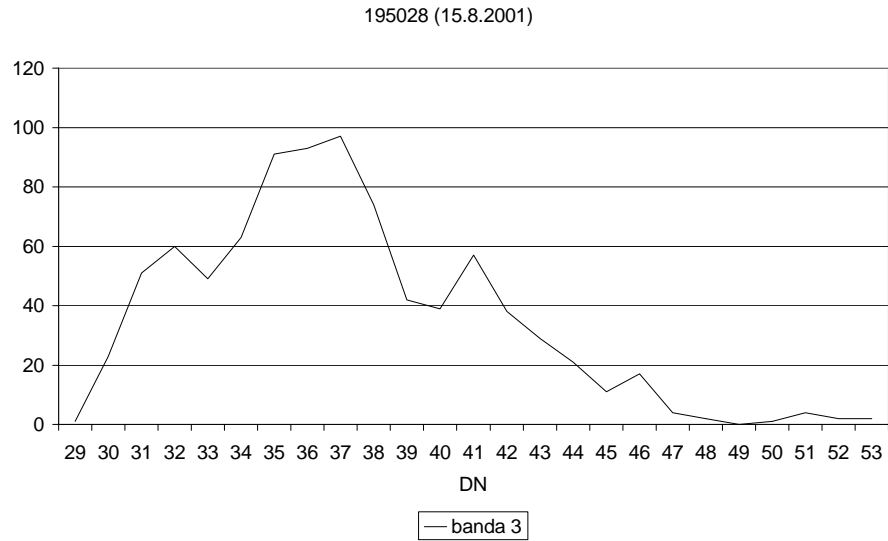


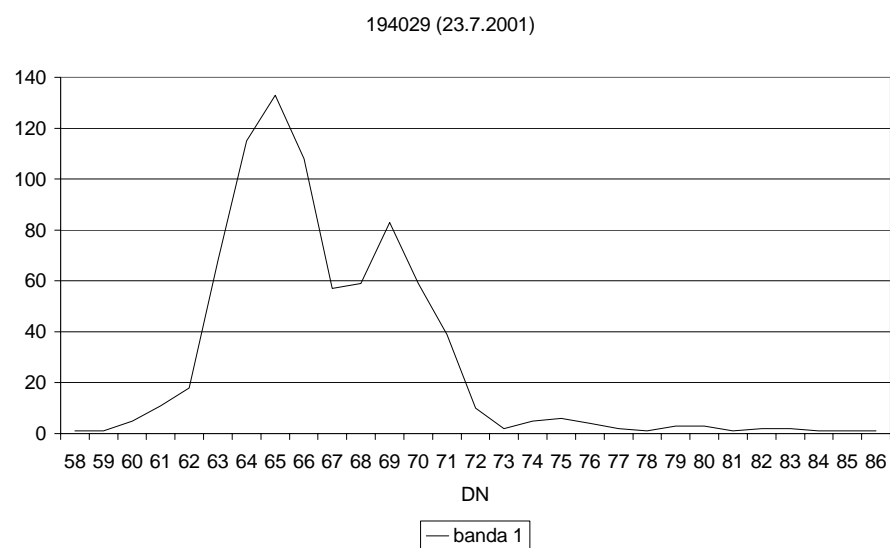
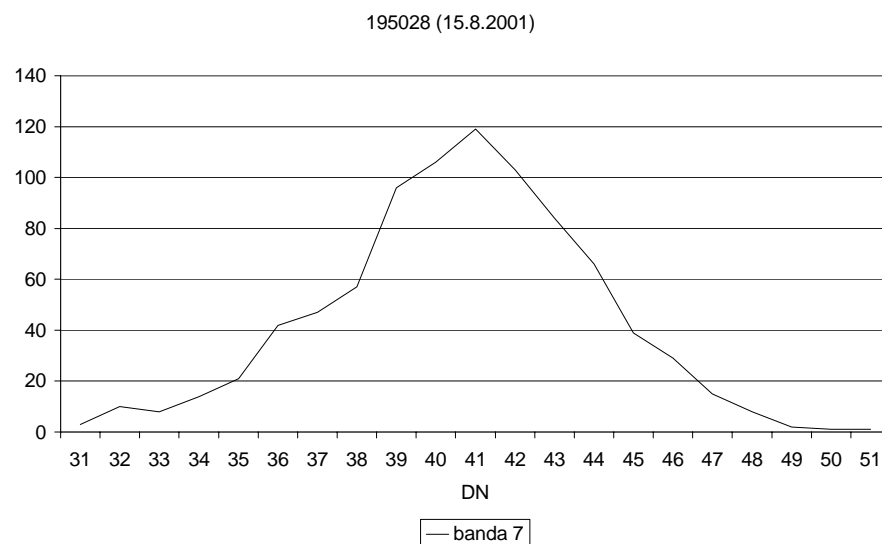
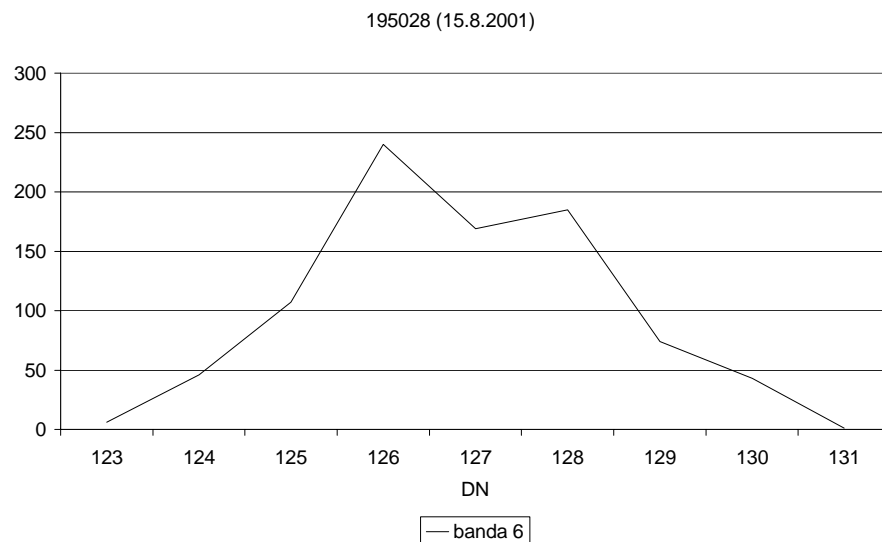
195029 (27.7.2000)

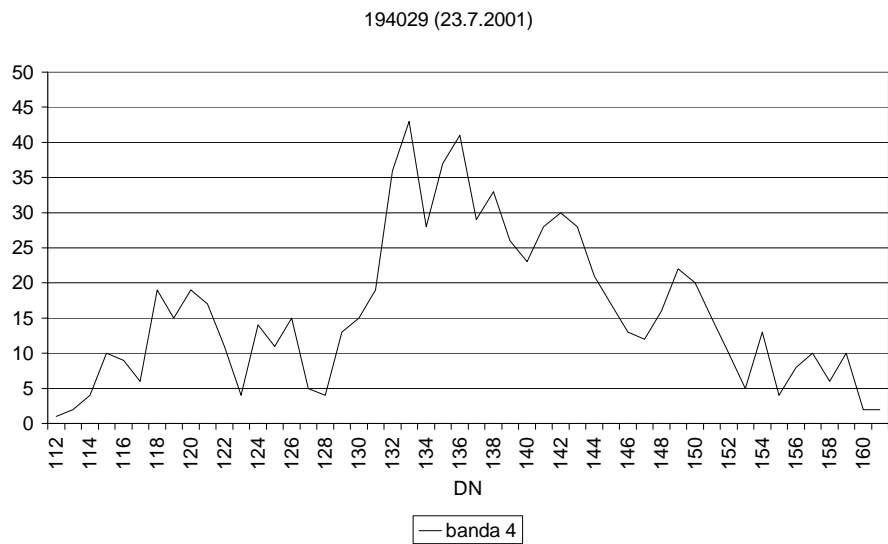
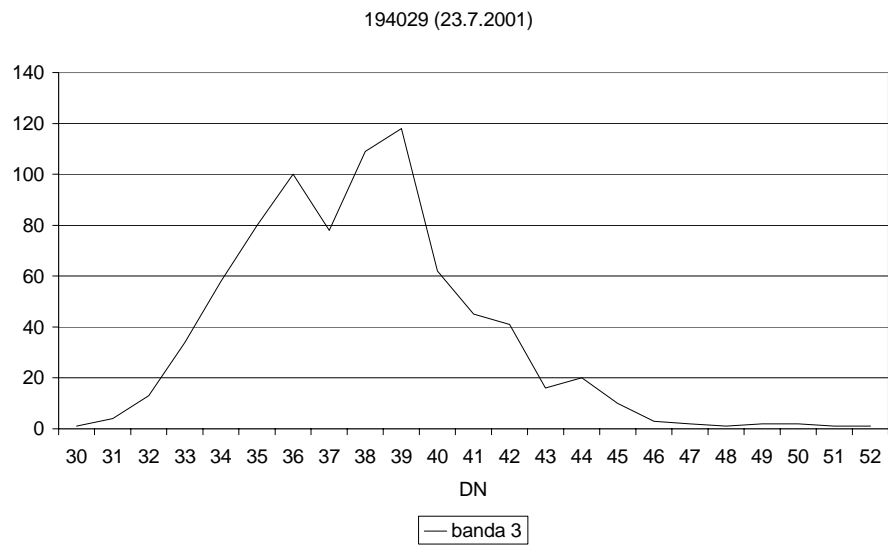
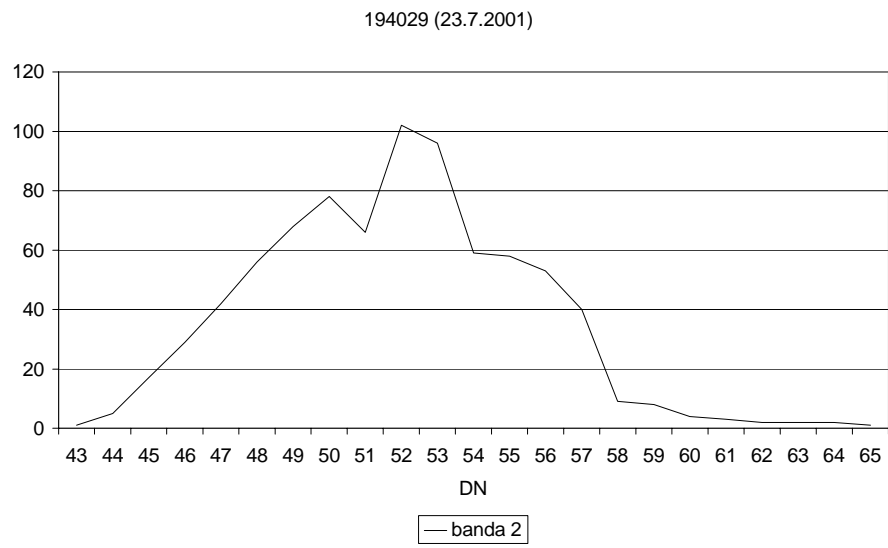


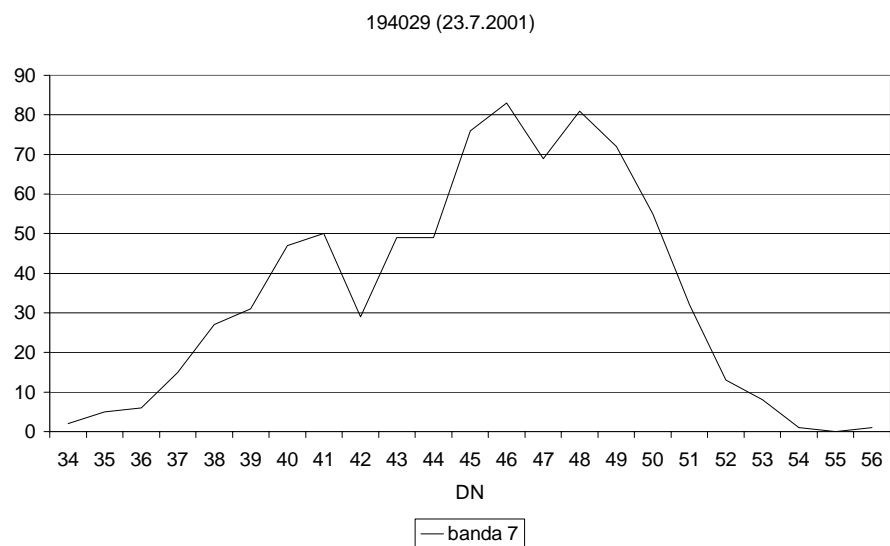
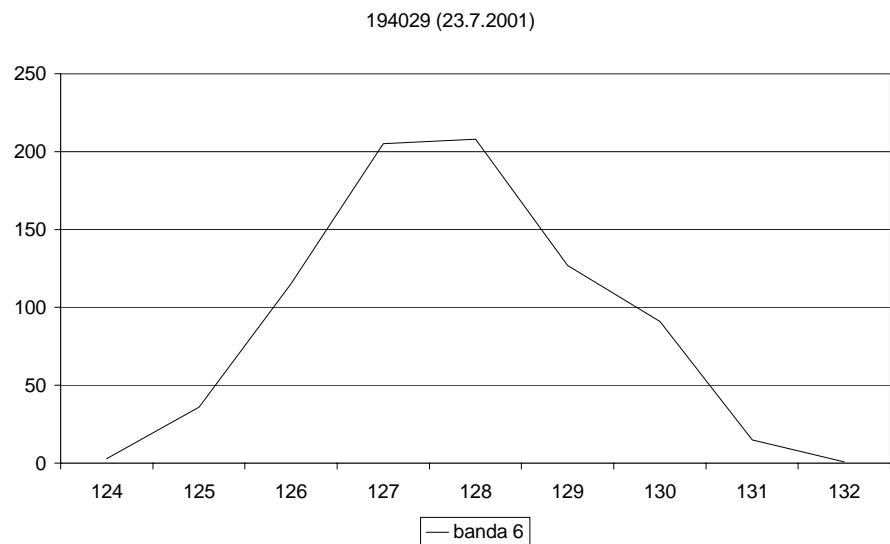
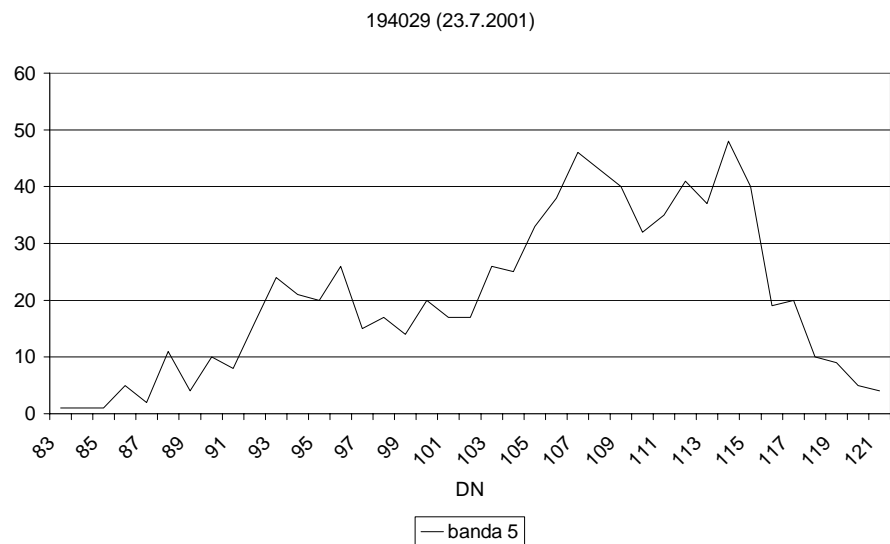


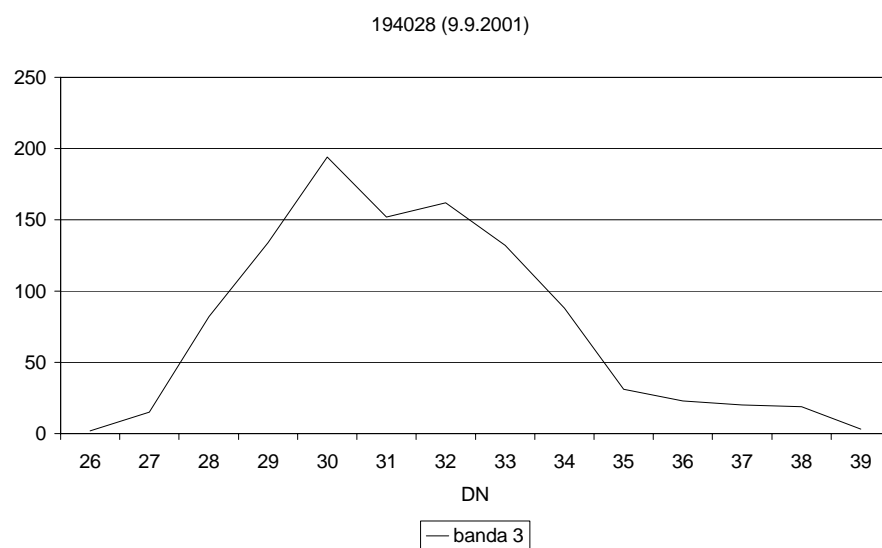
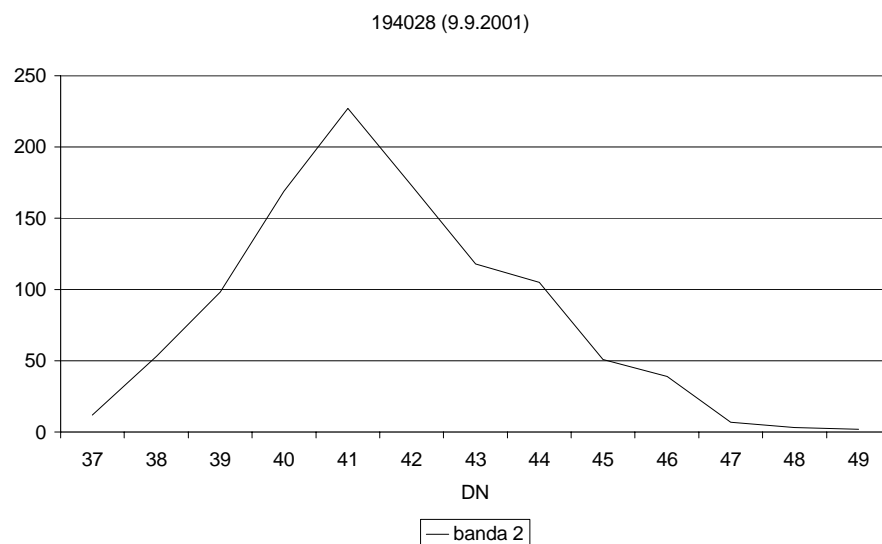
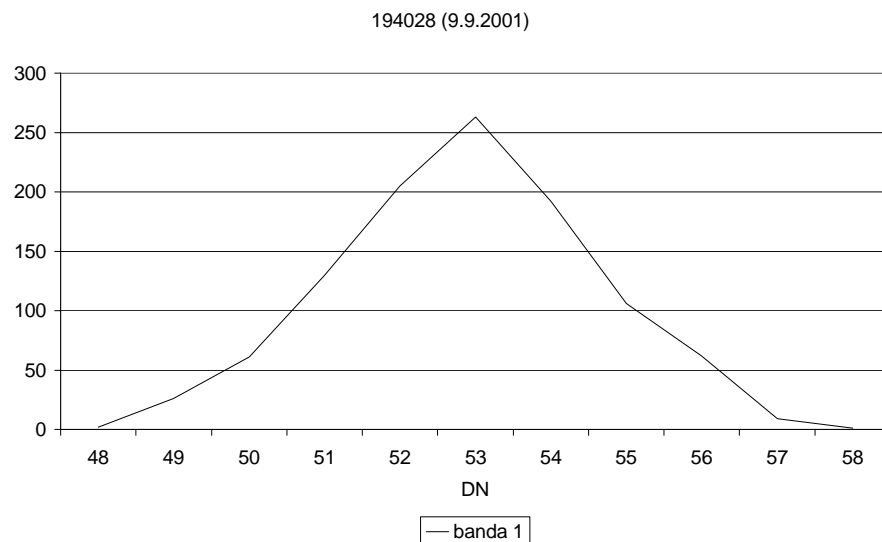


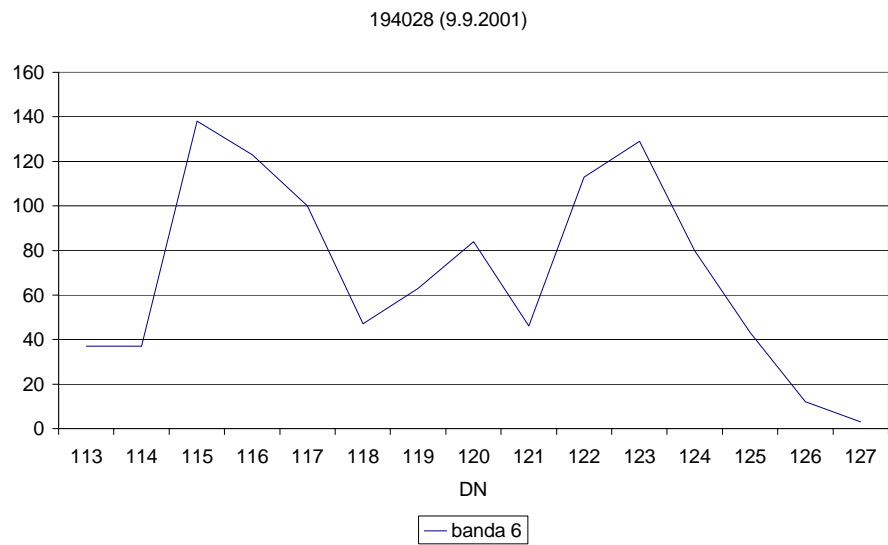
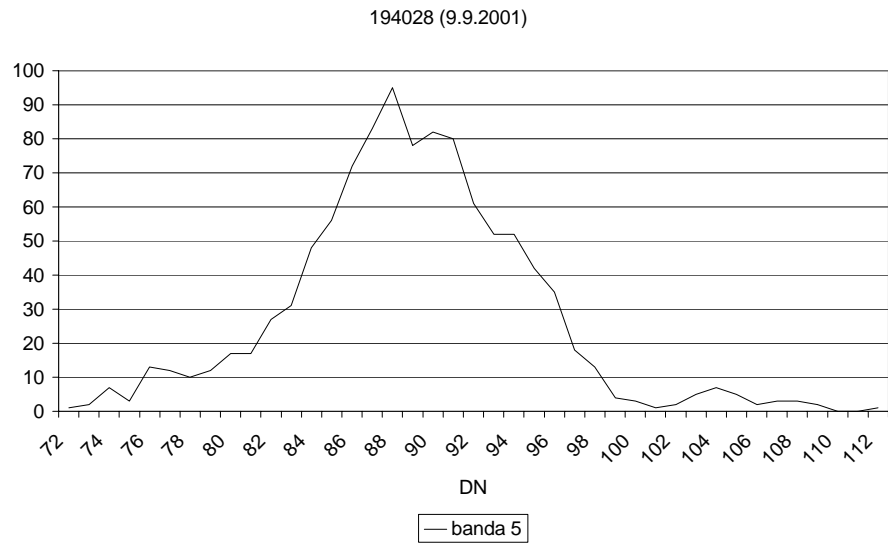
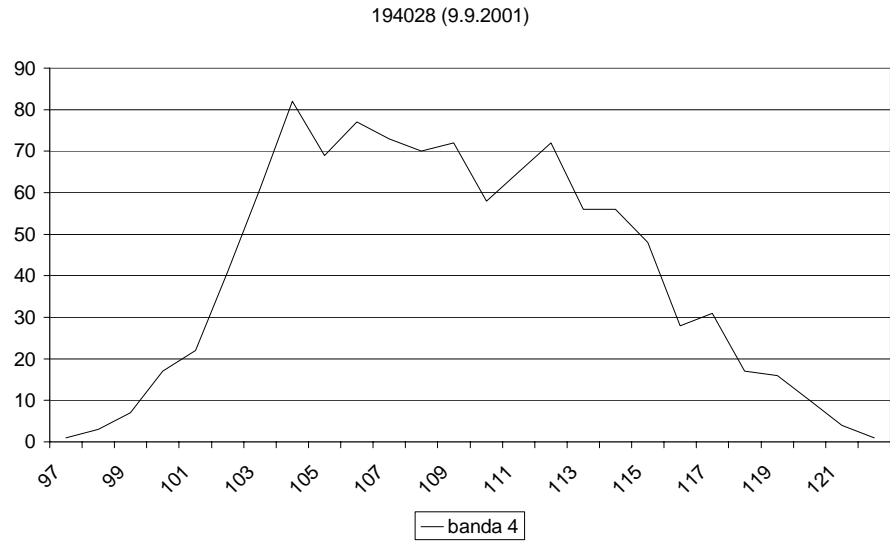


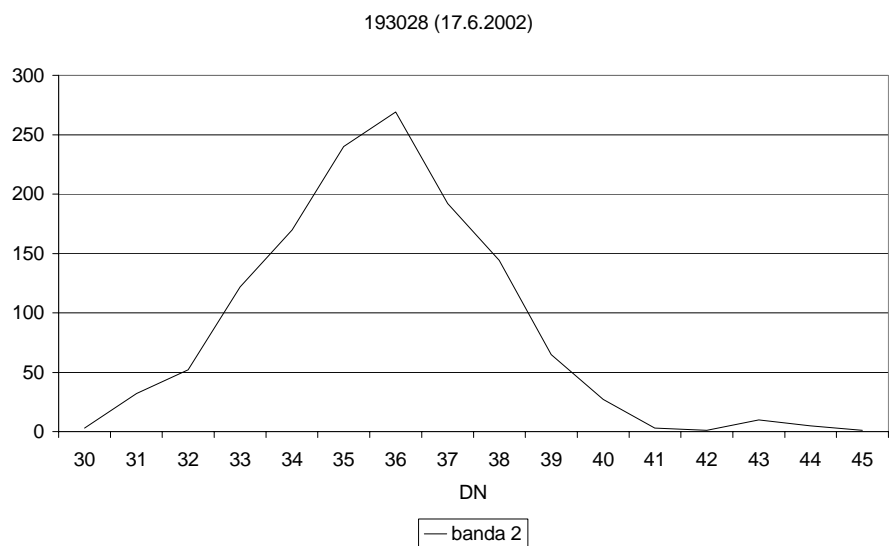
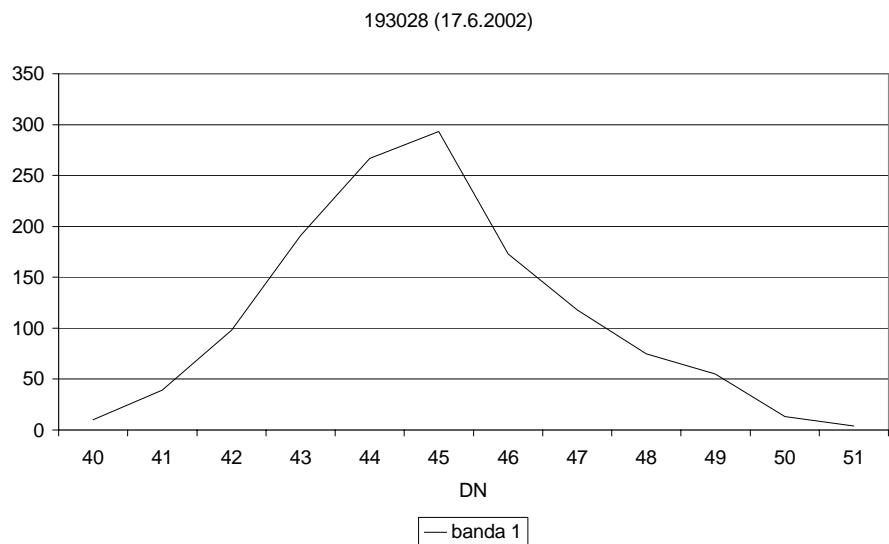
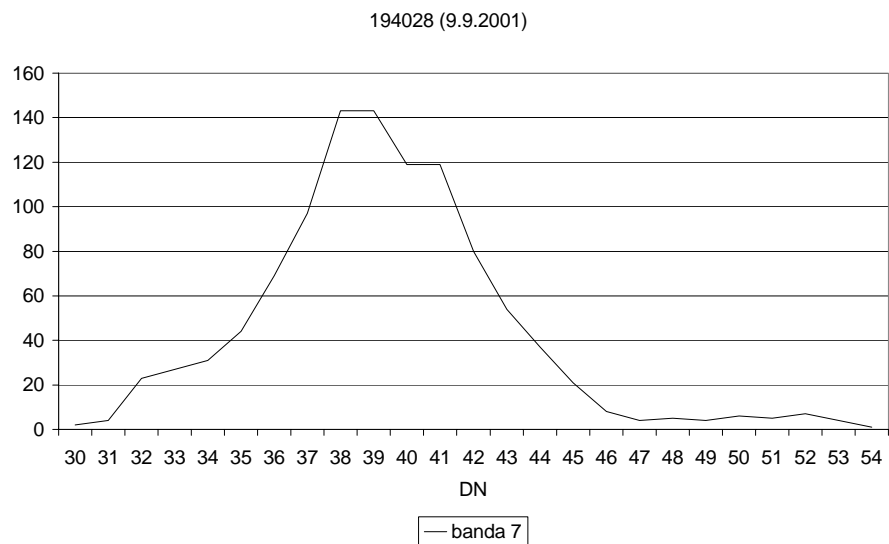




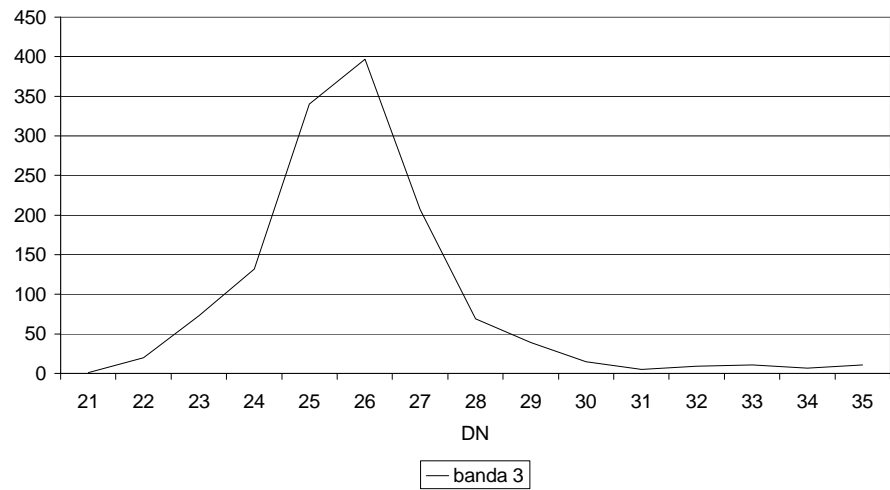




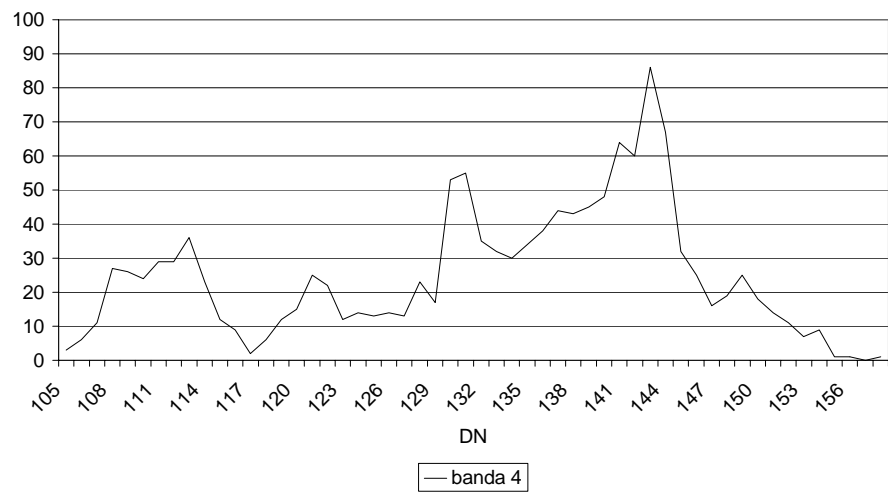




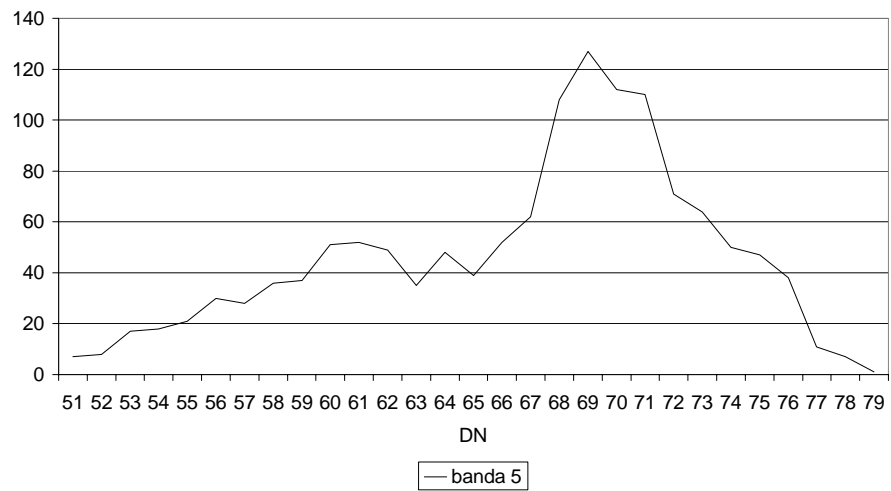
193028 (17.6.2002)

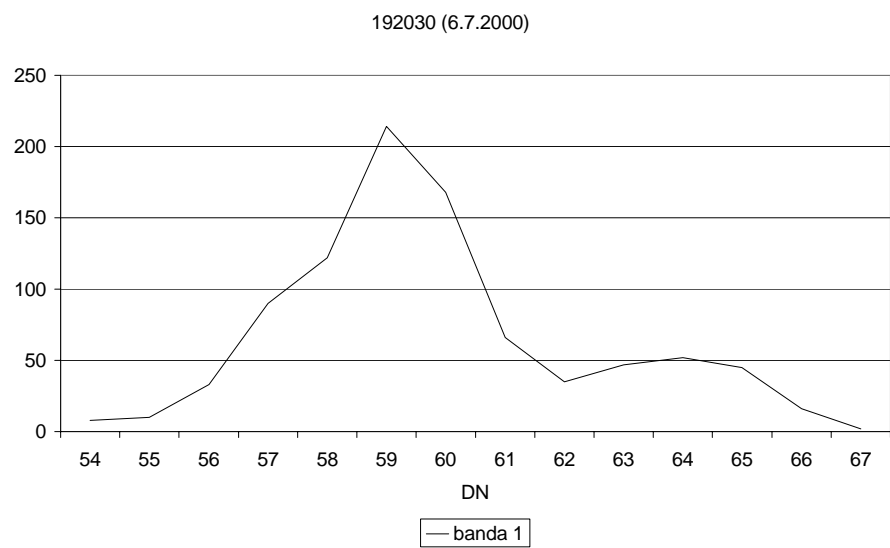
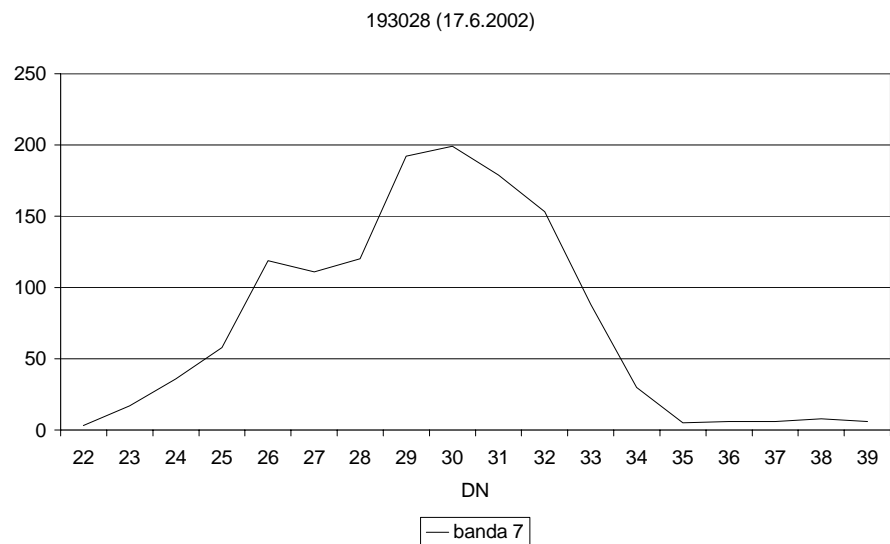
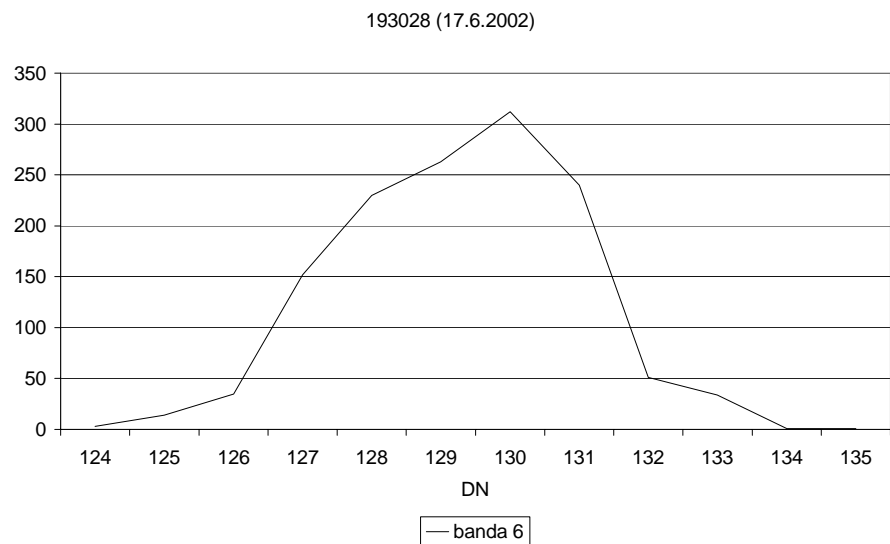


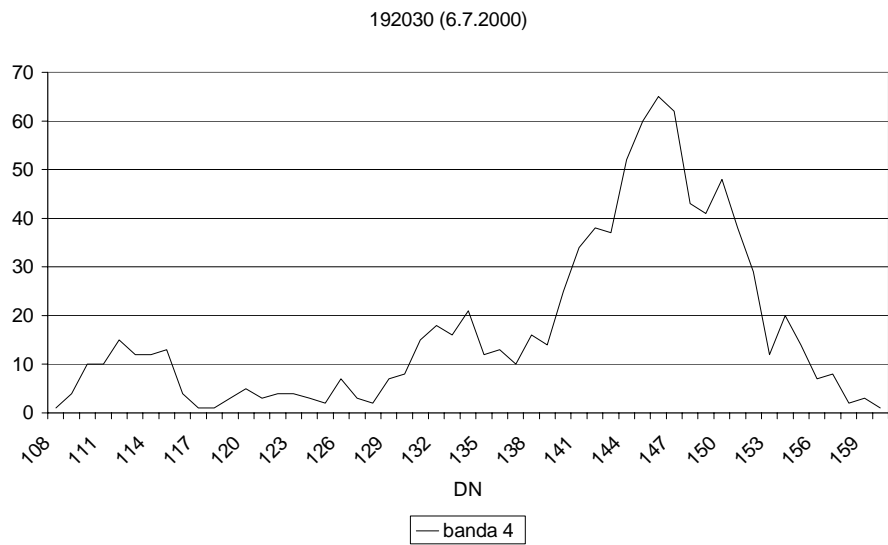
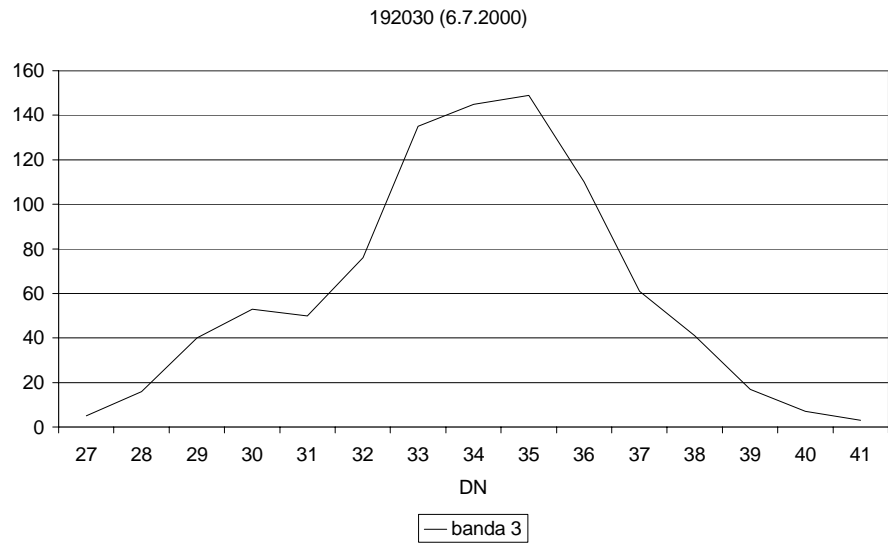
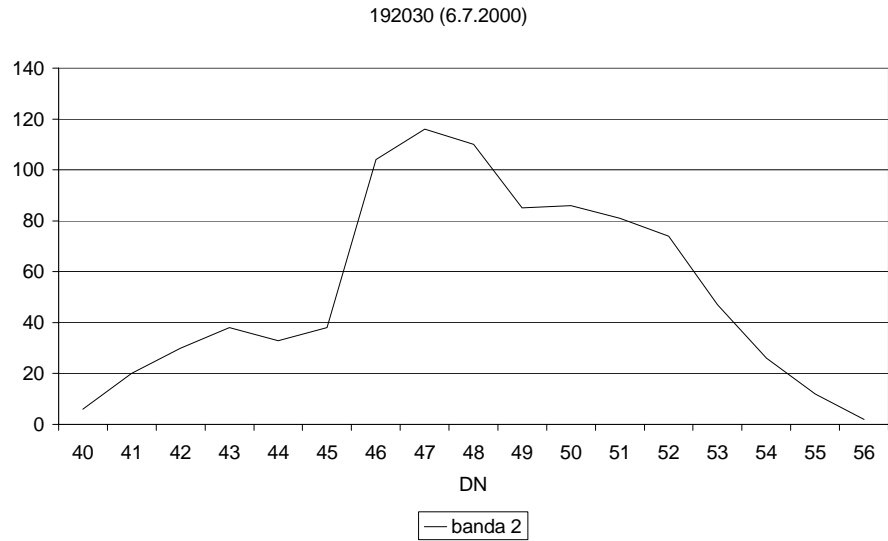
193028 (17.6.2002)

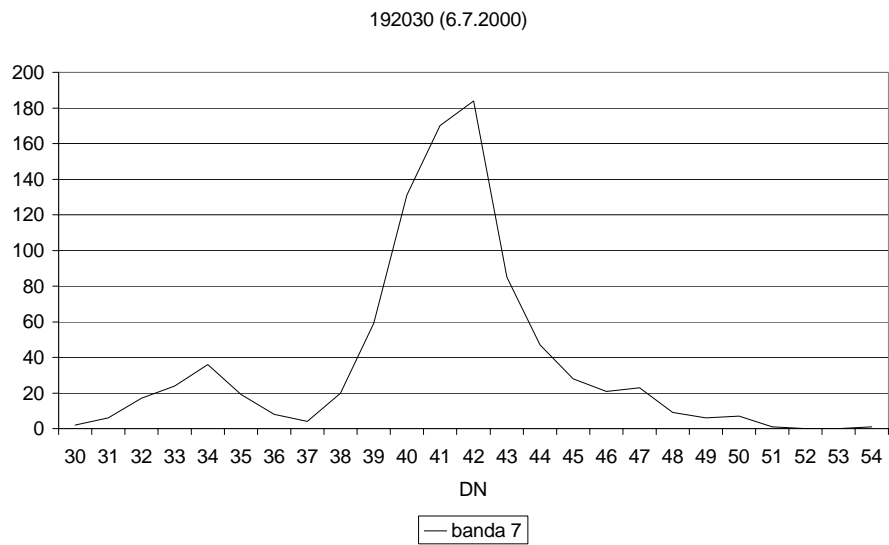
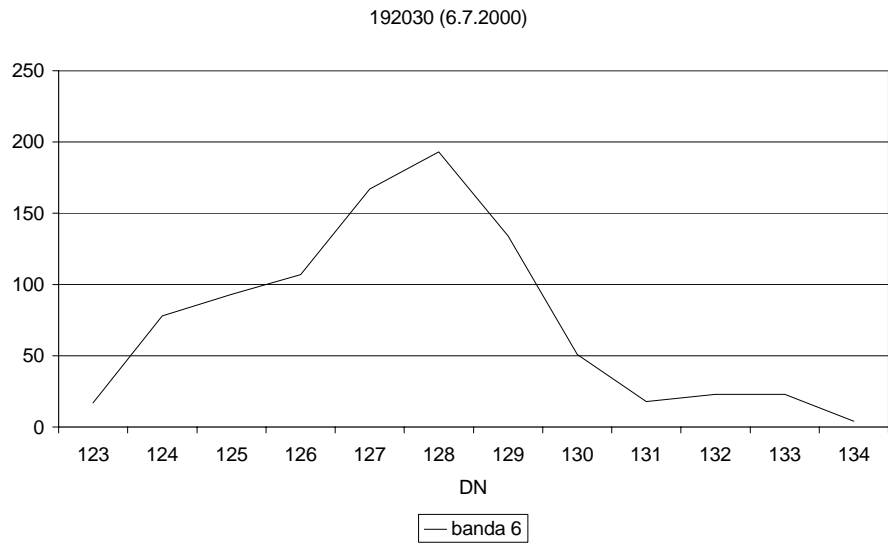
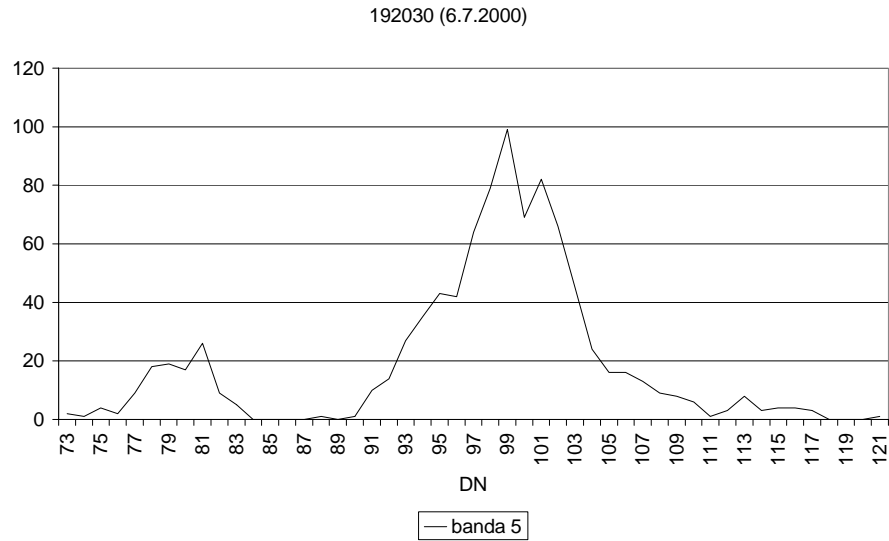


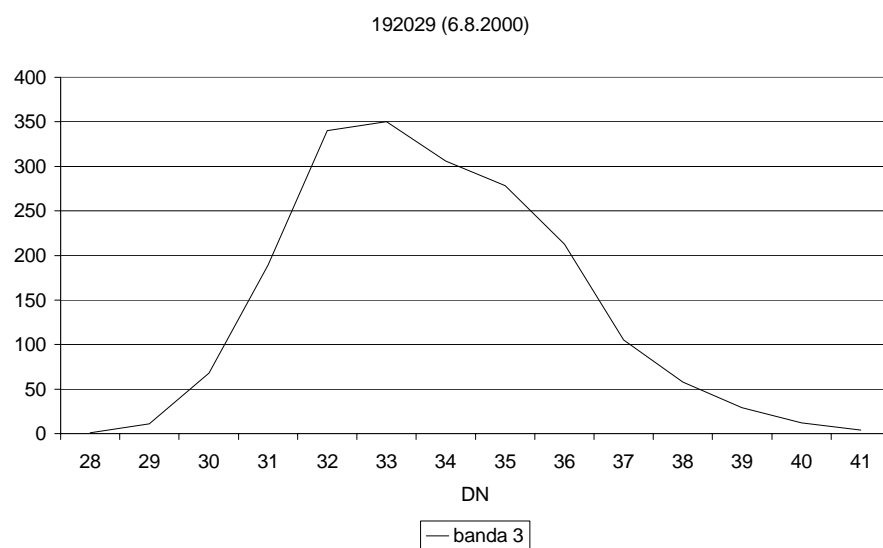
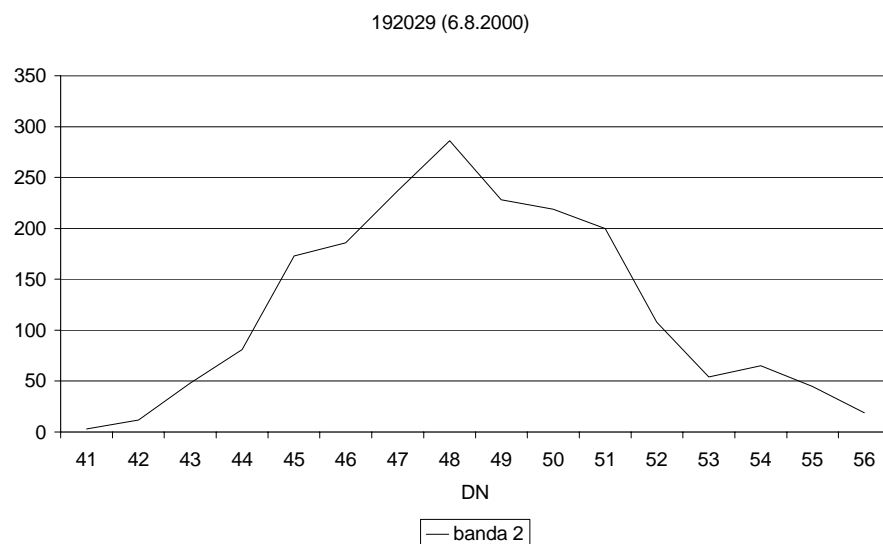
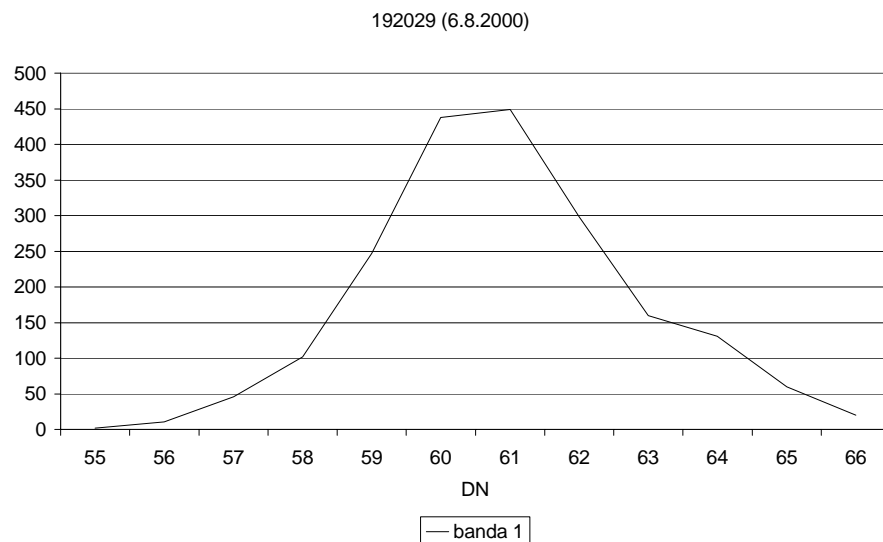
193028 (17.6.2002)

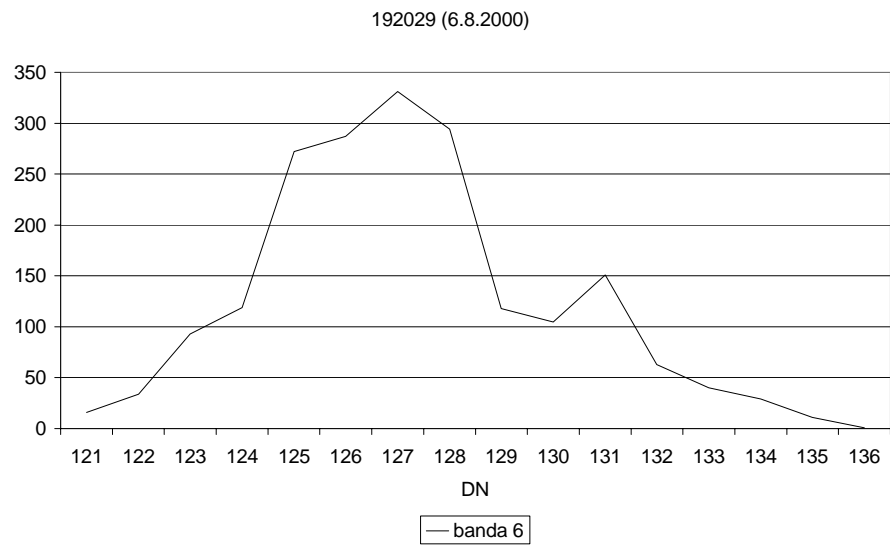
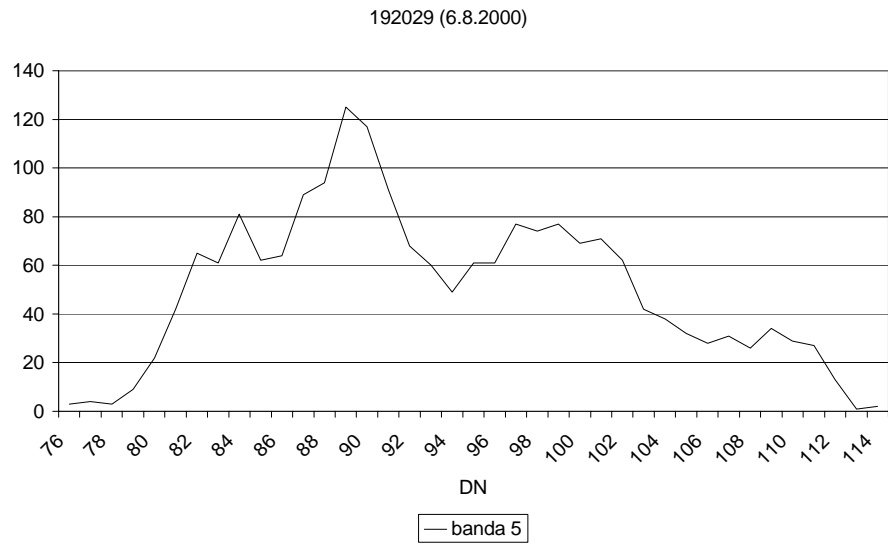
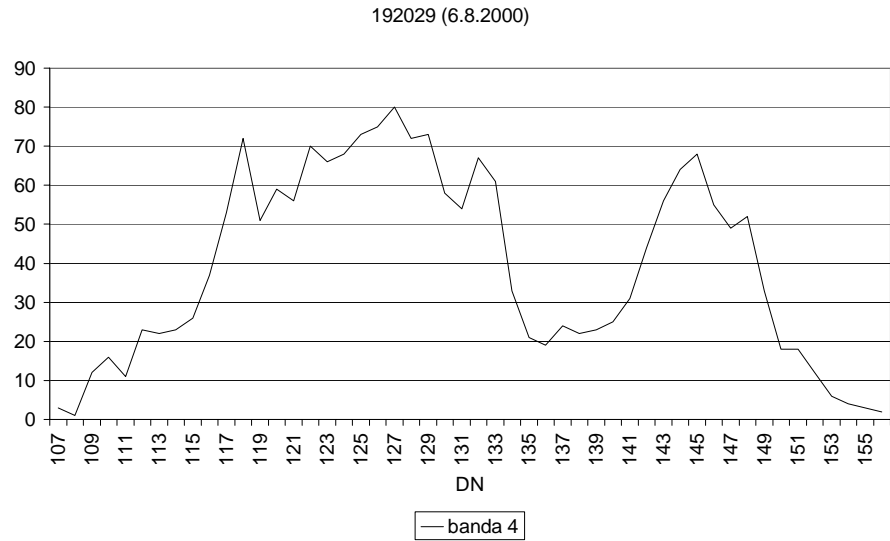


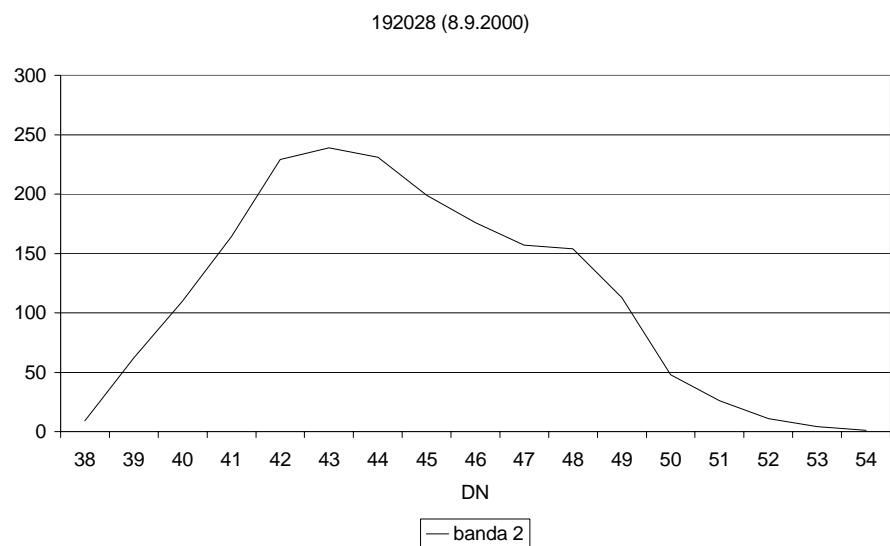
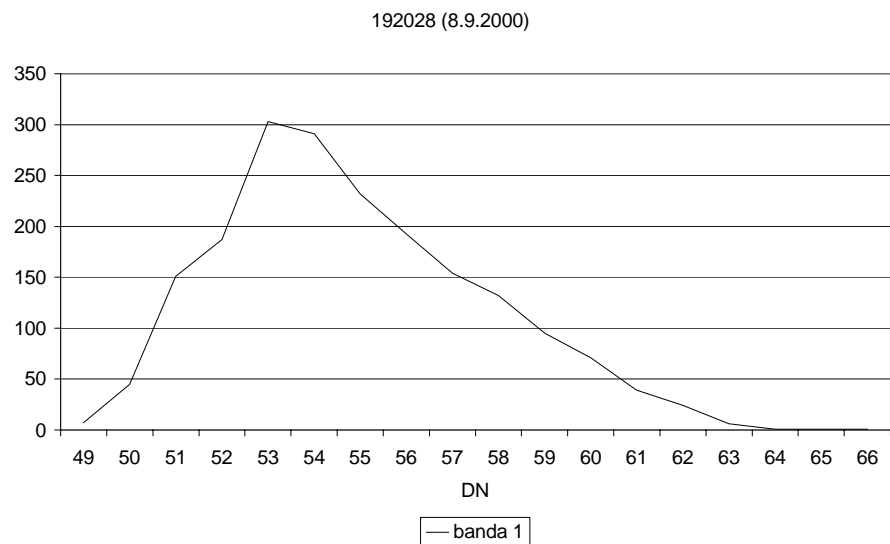
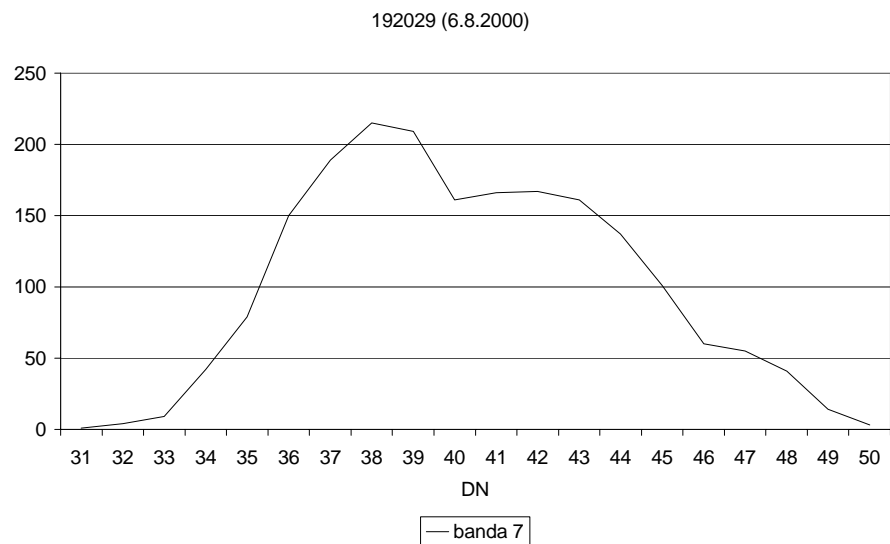


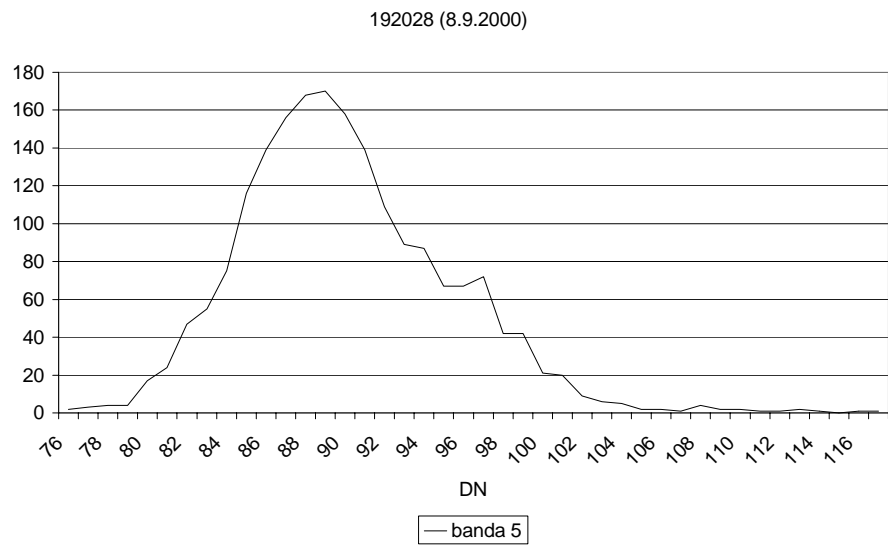
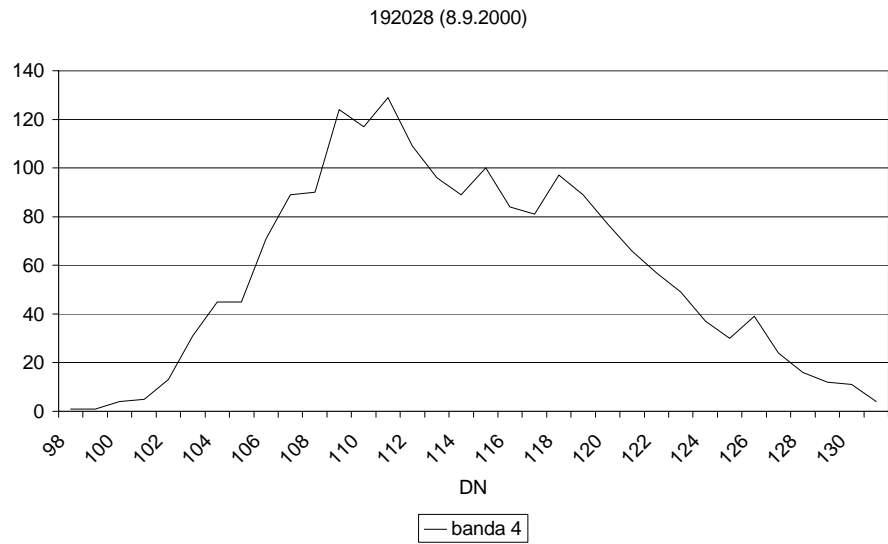
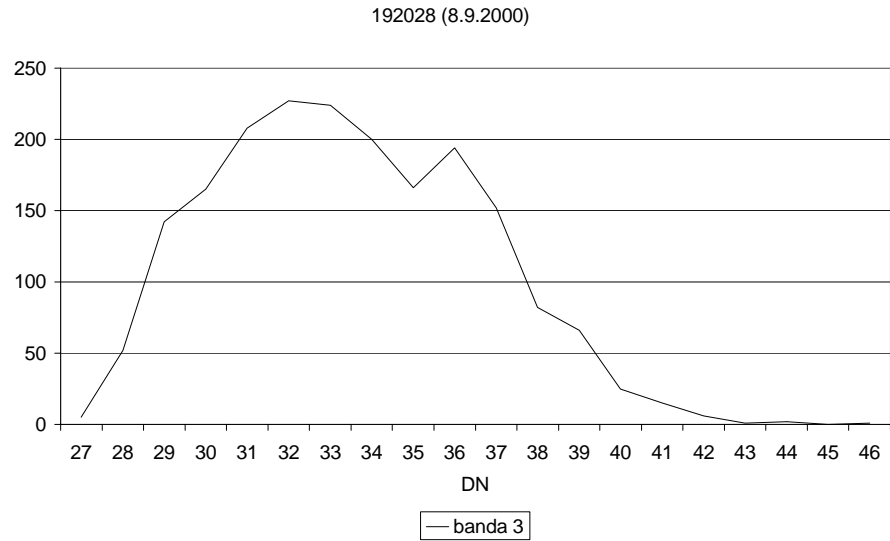


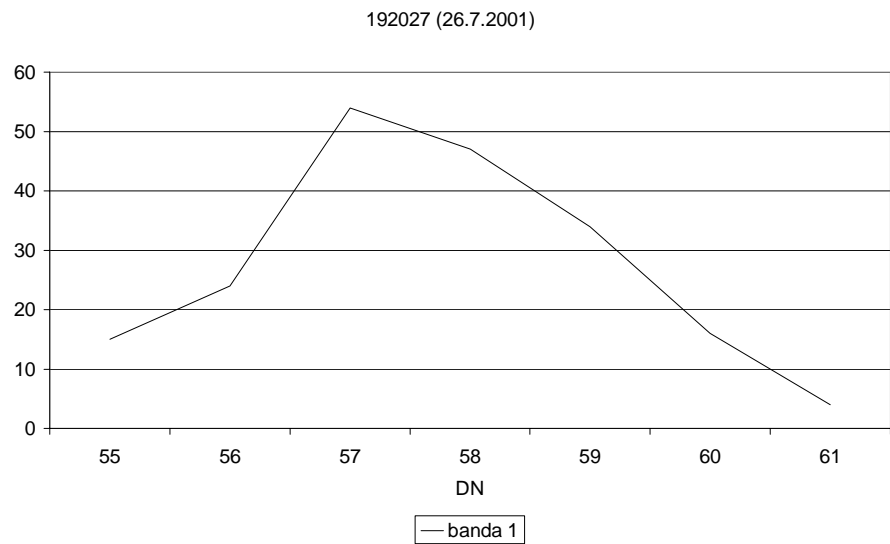
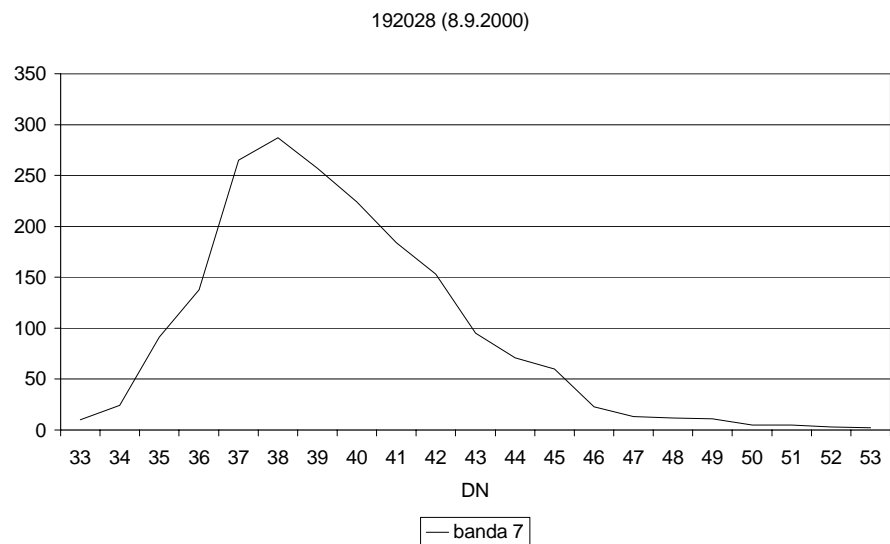
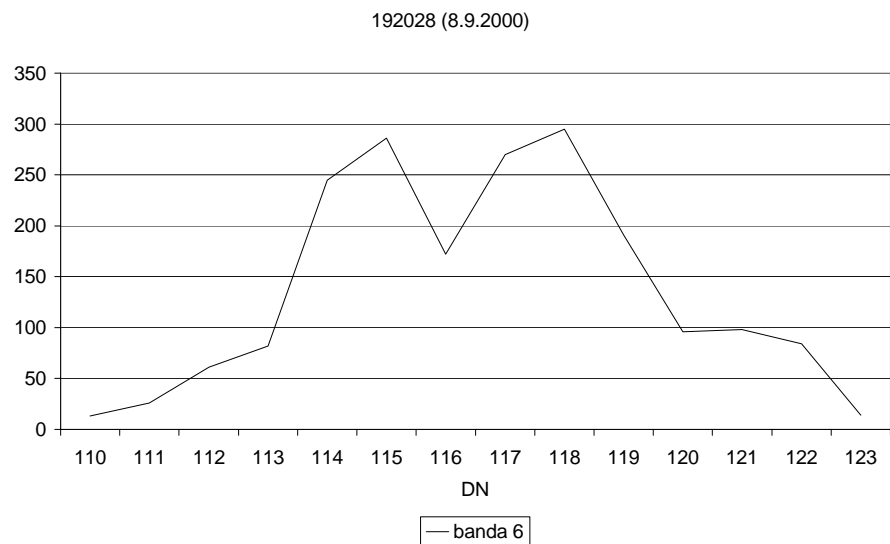


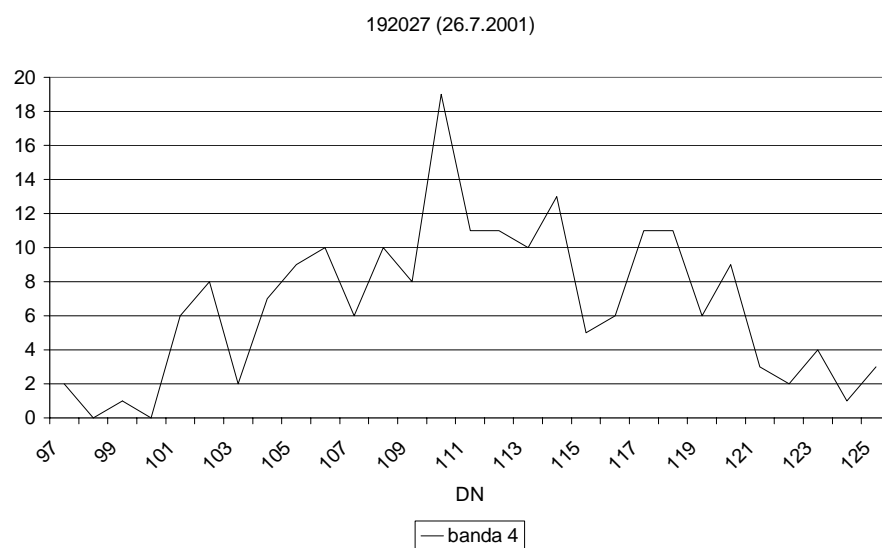
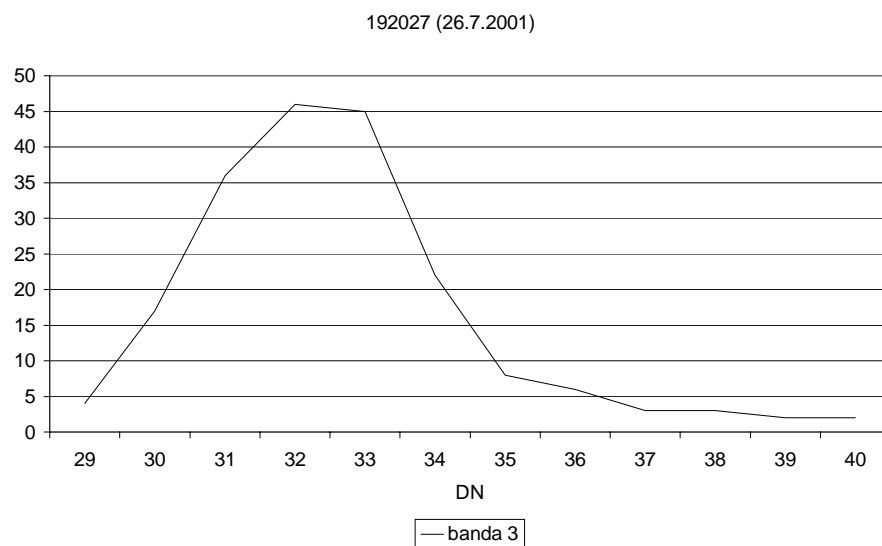
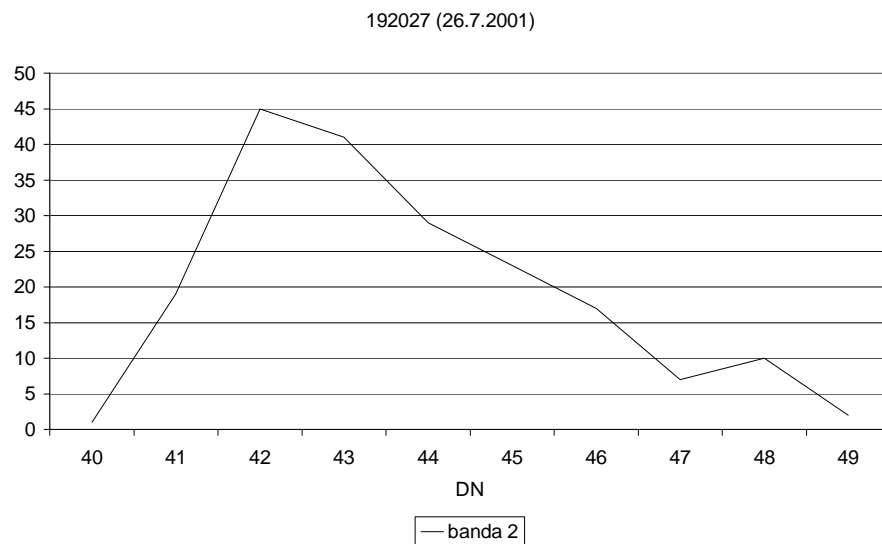


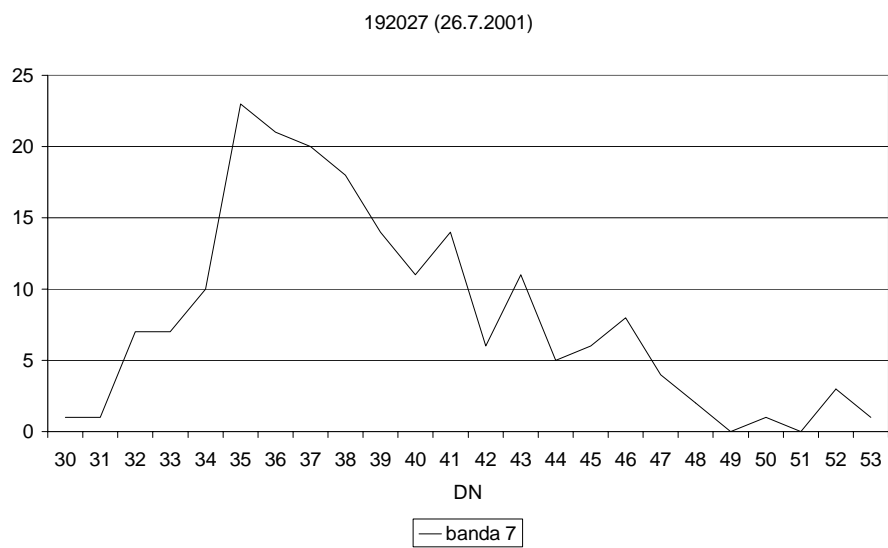
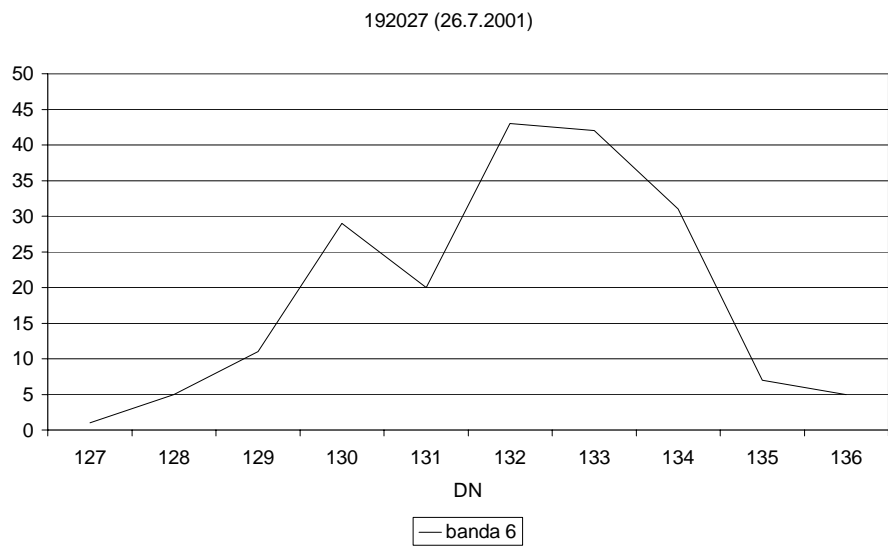
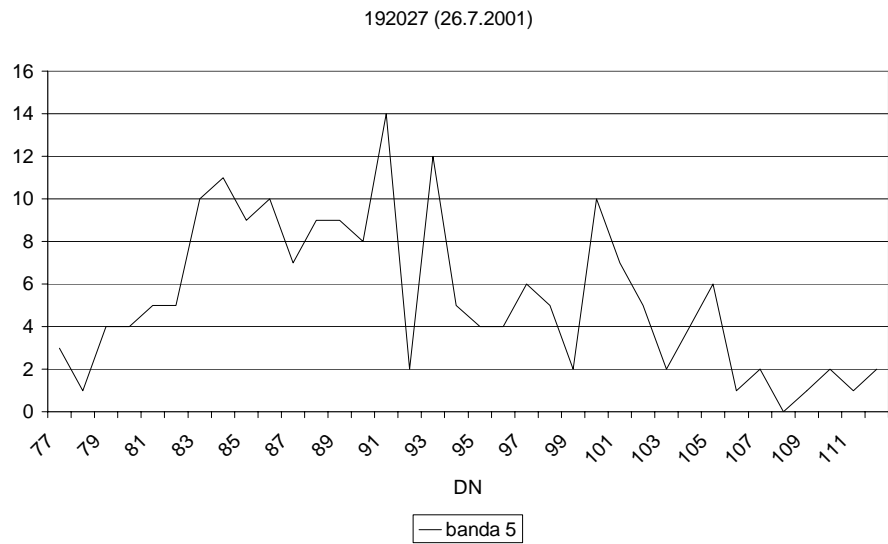


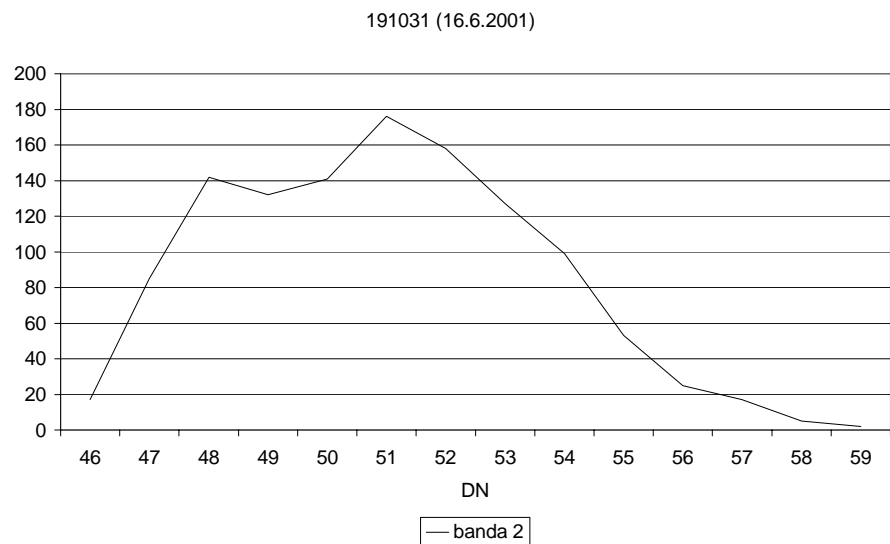


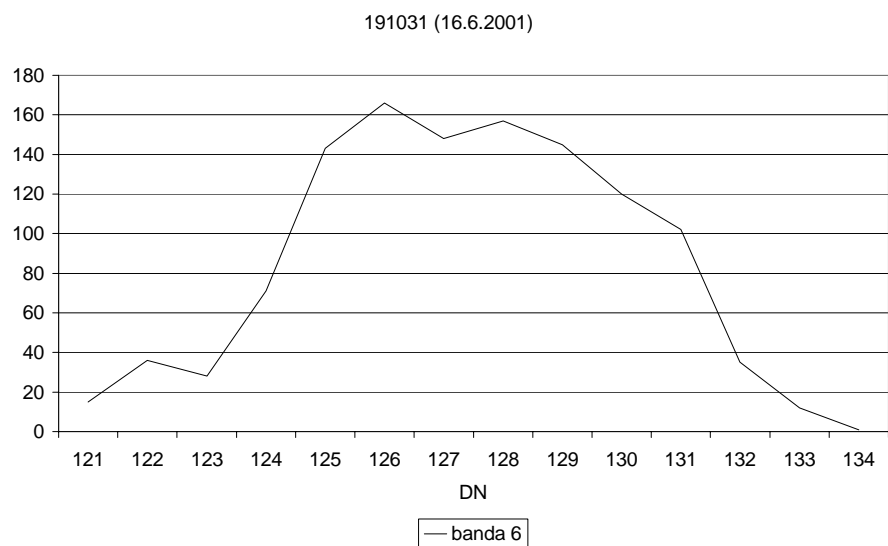
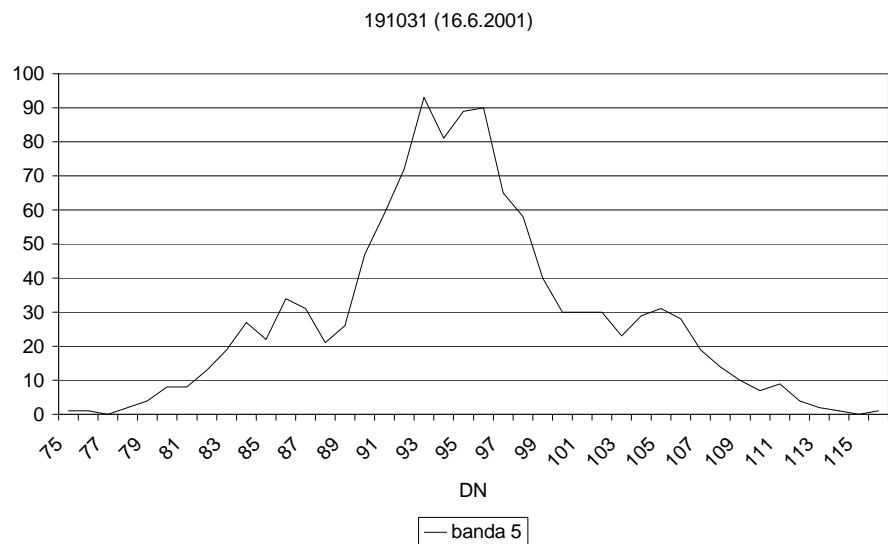
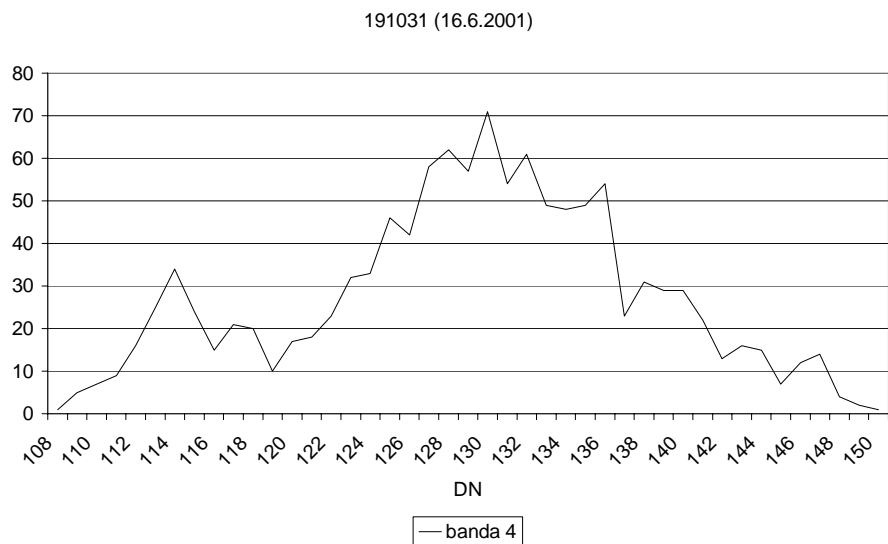


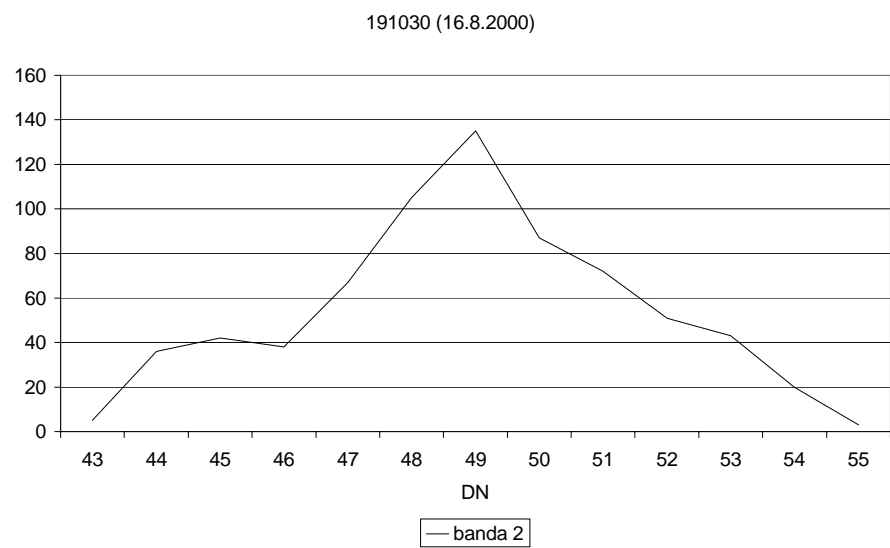
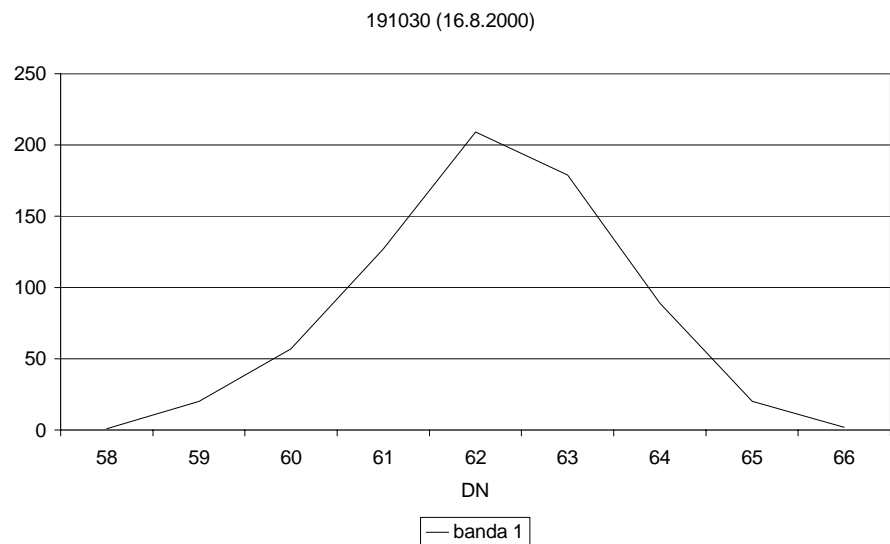




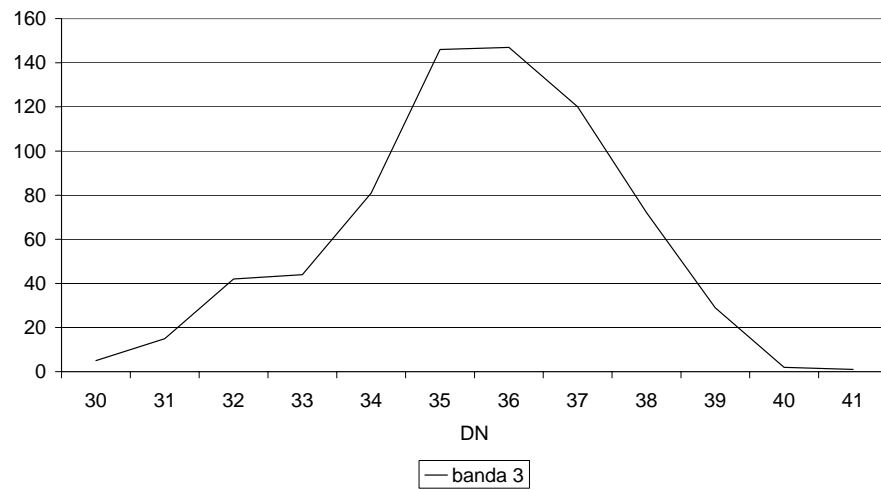




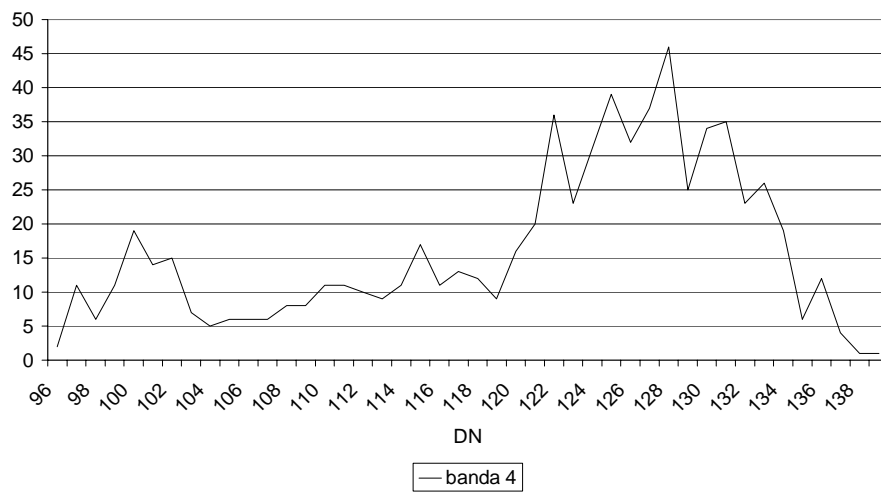




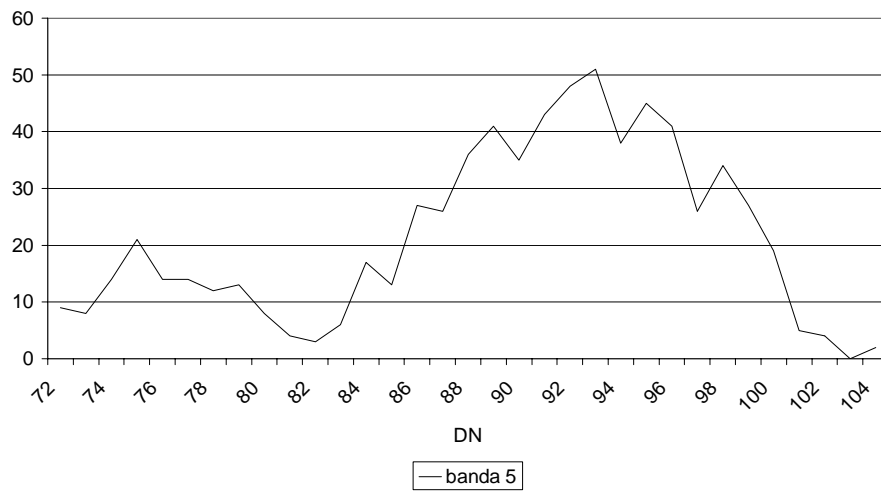
191030 (16.8.2000)

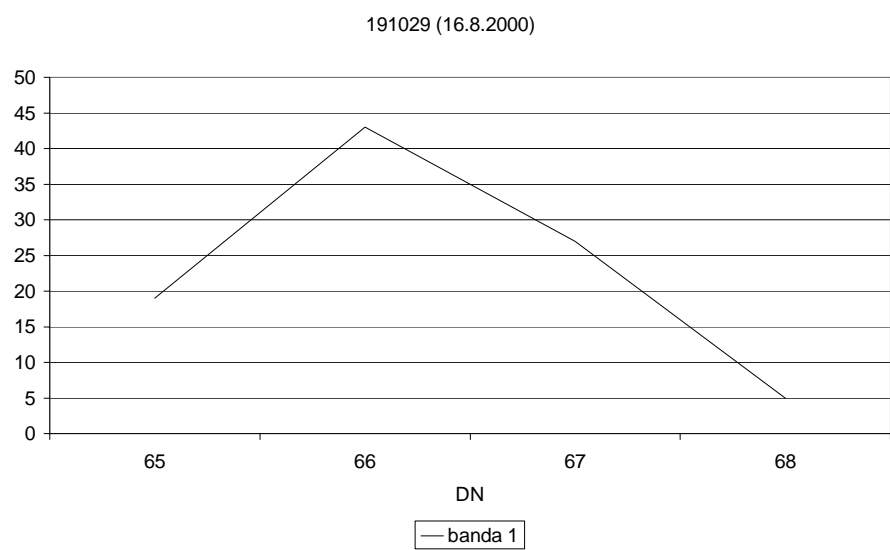
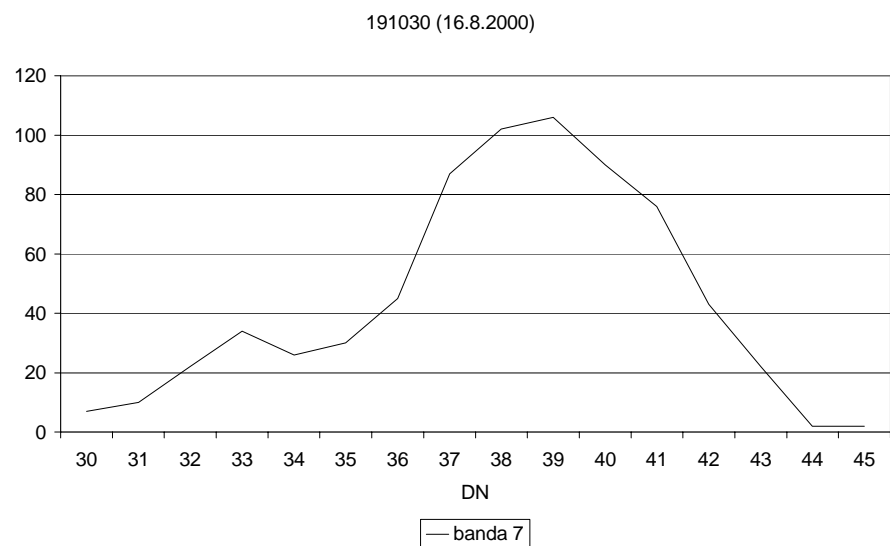
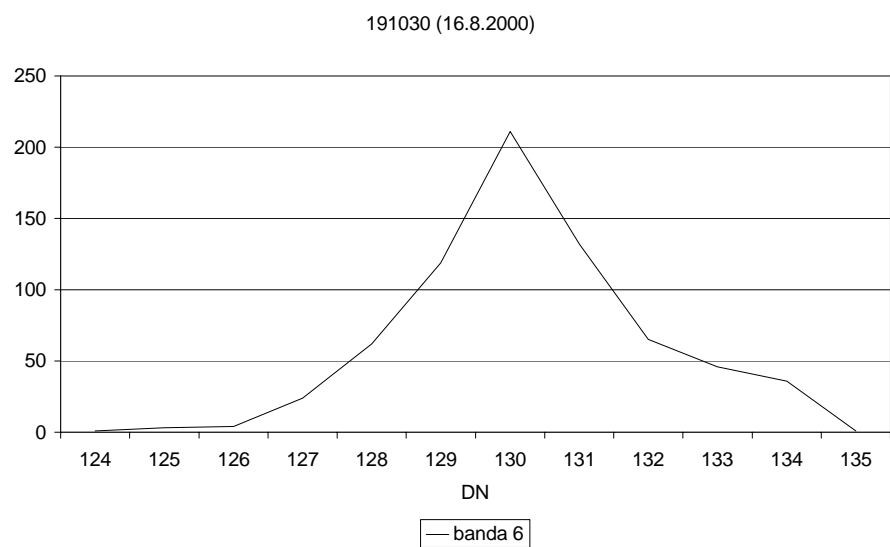


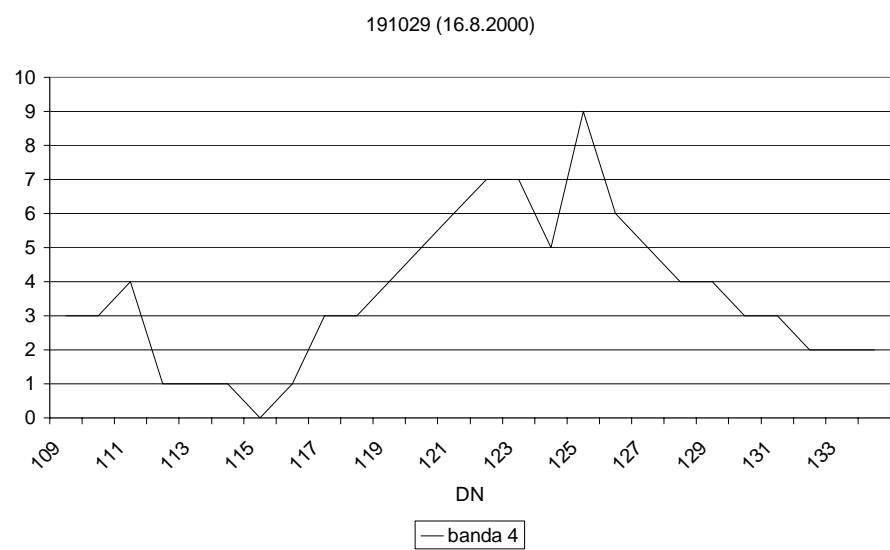
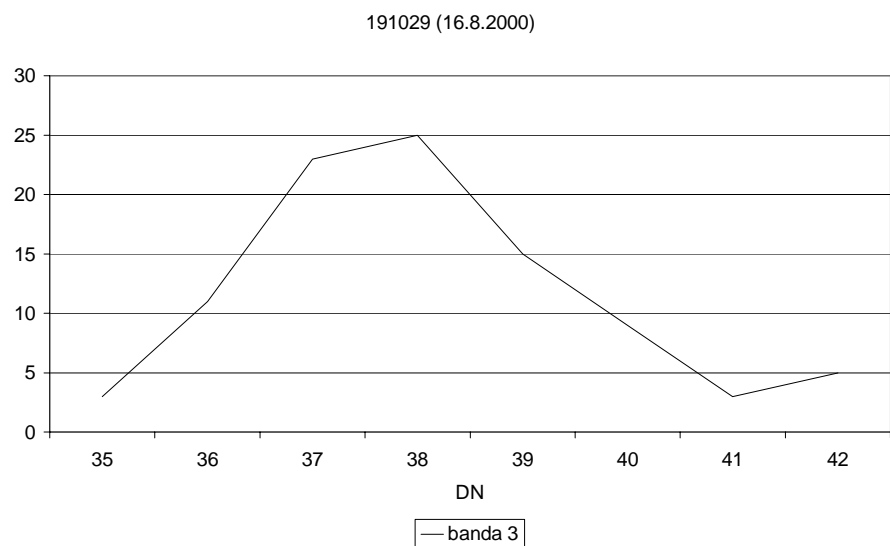
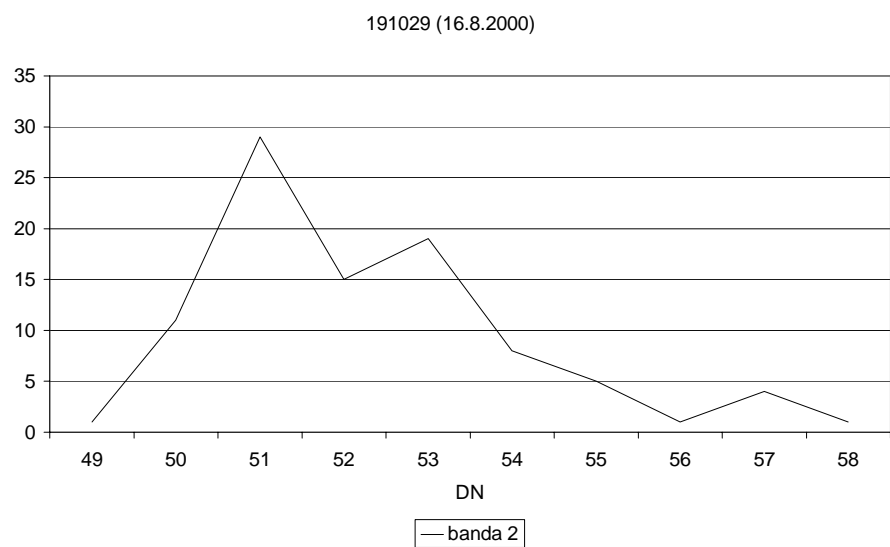
191030 (16.8.2000)

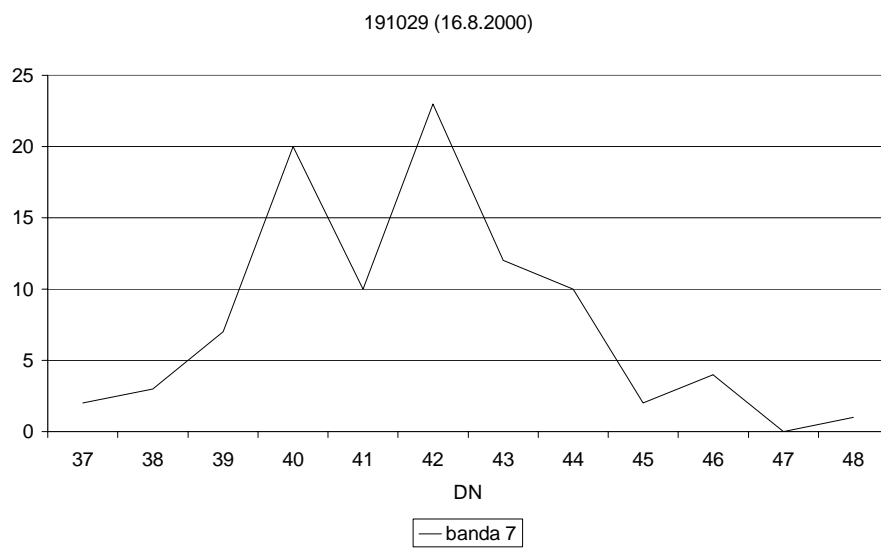
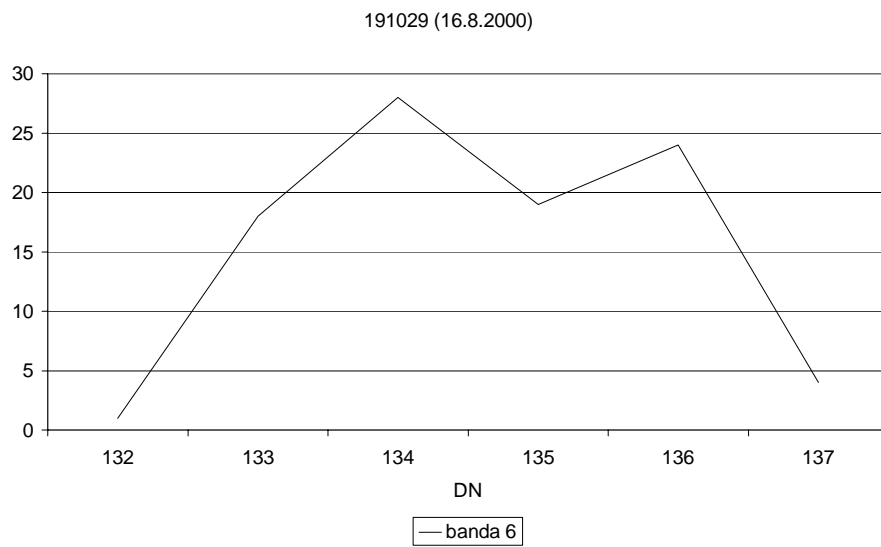
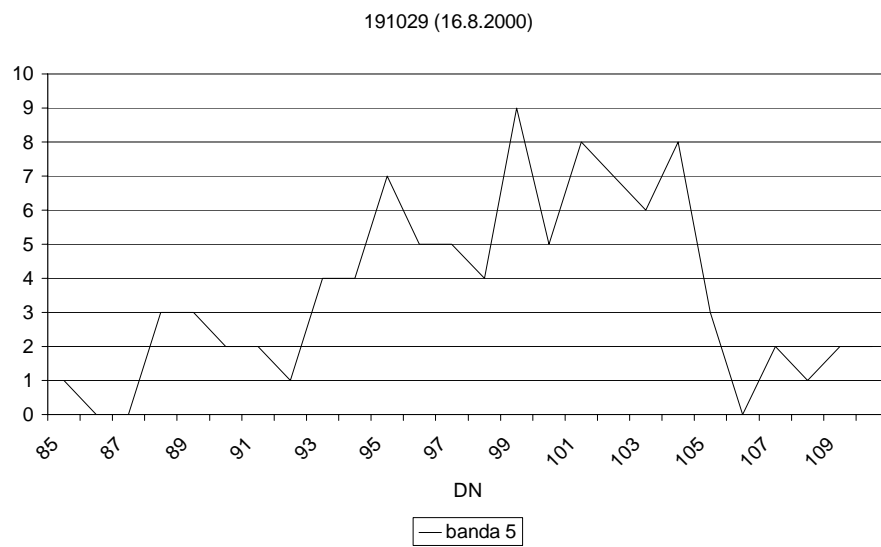


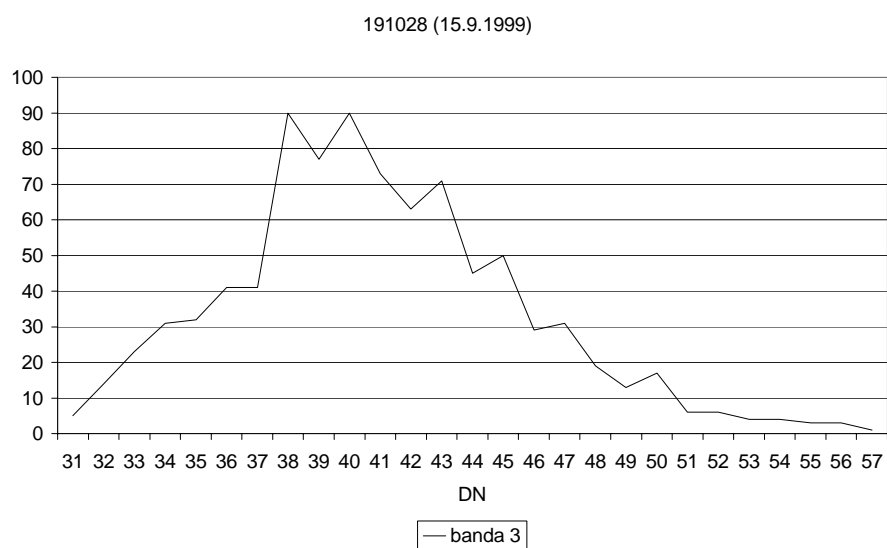
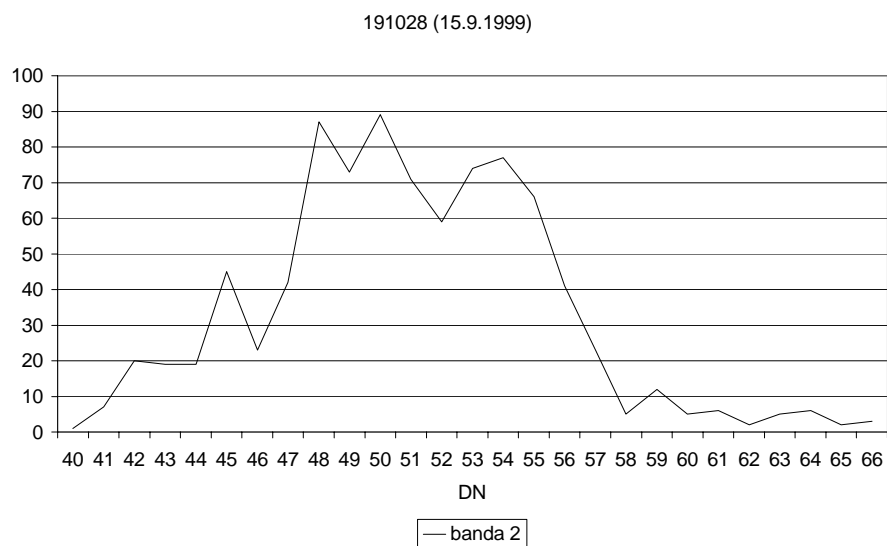
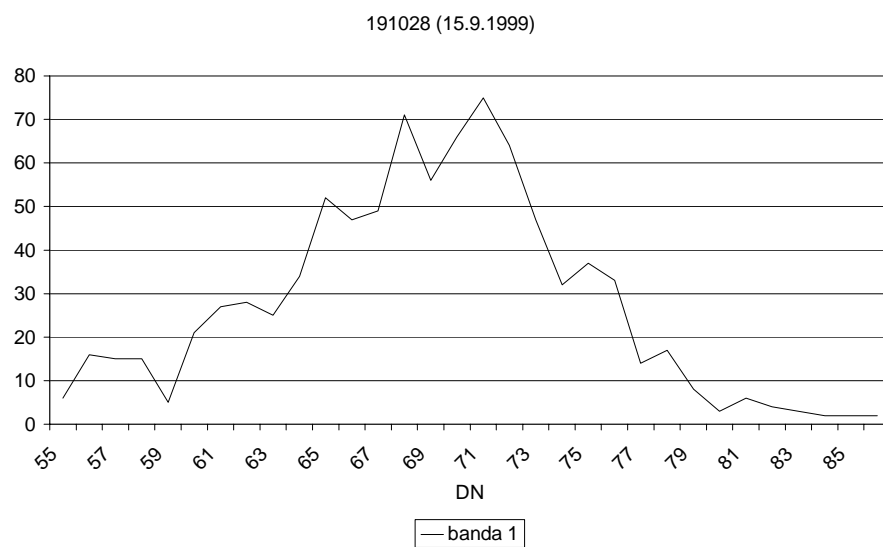
191030 (16.8.2000)

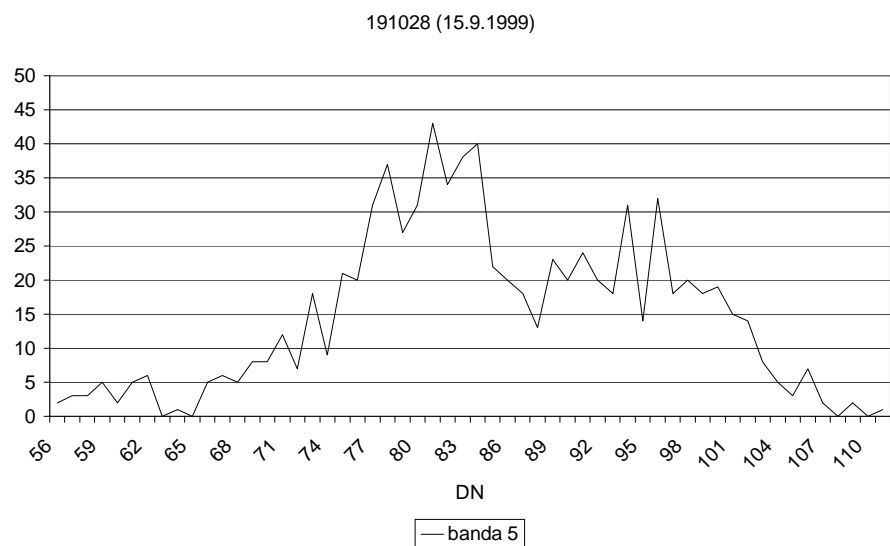
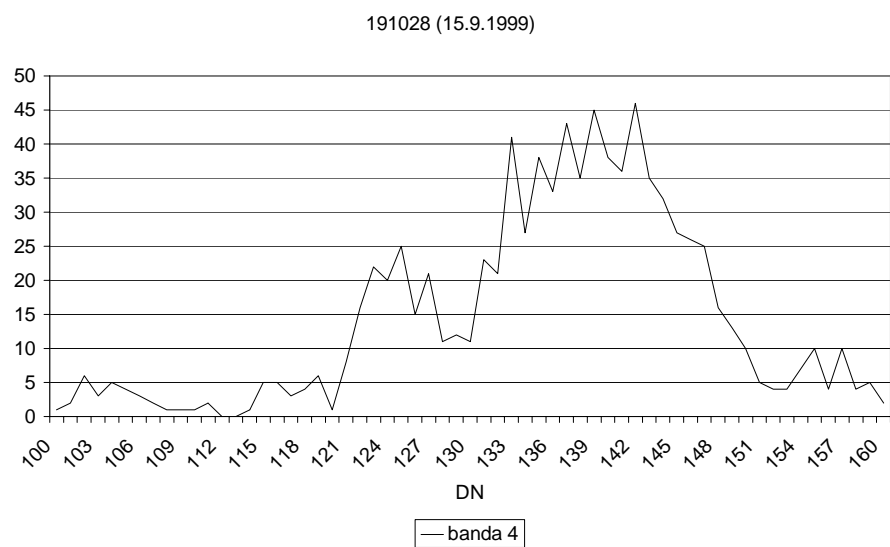




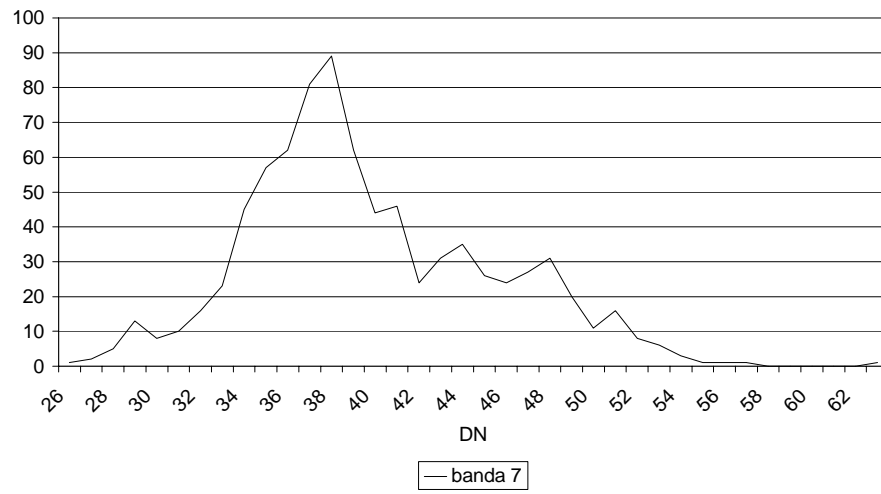




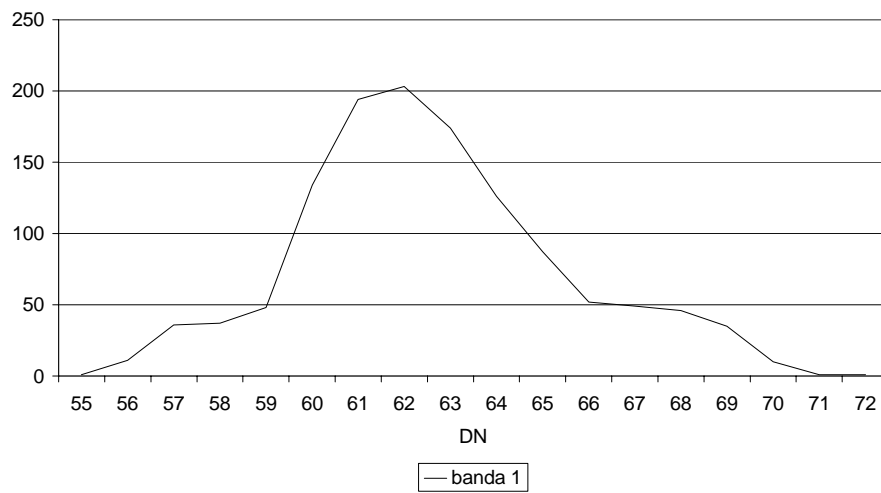




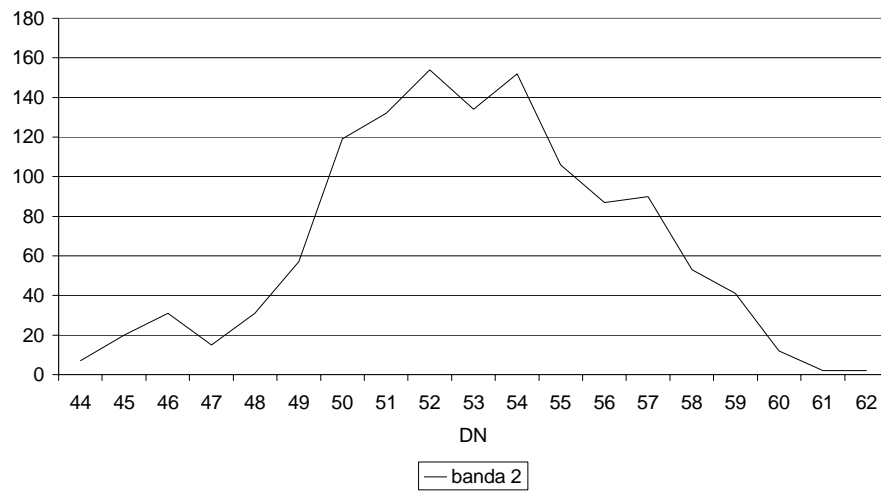
191028 (15.9.1999)

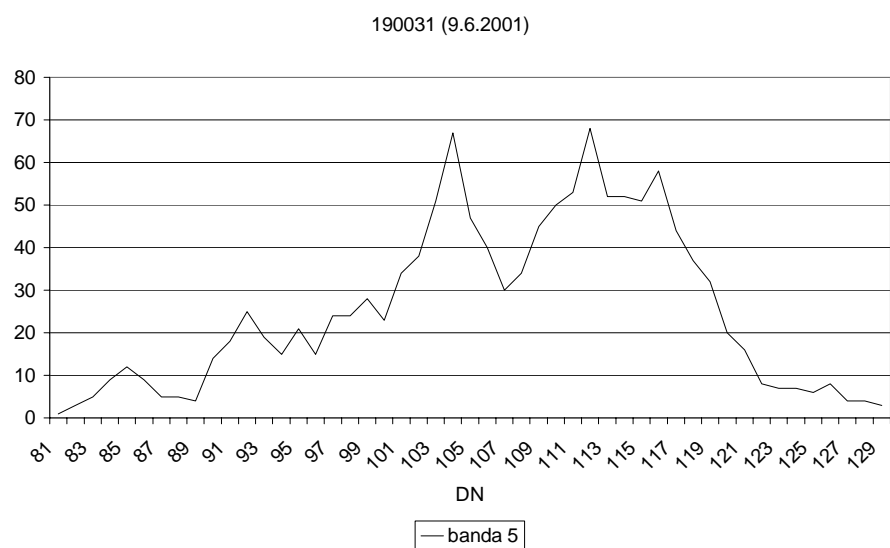
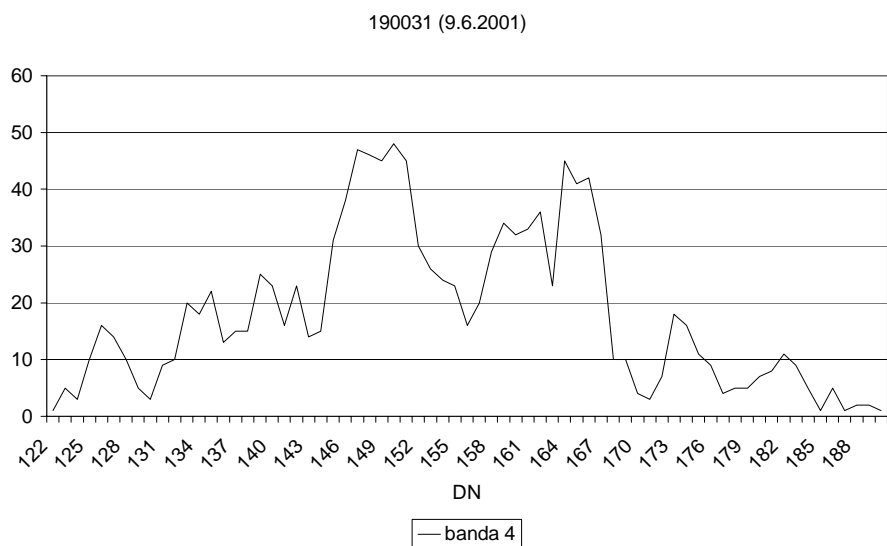
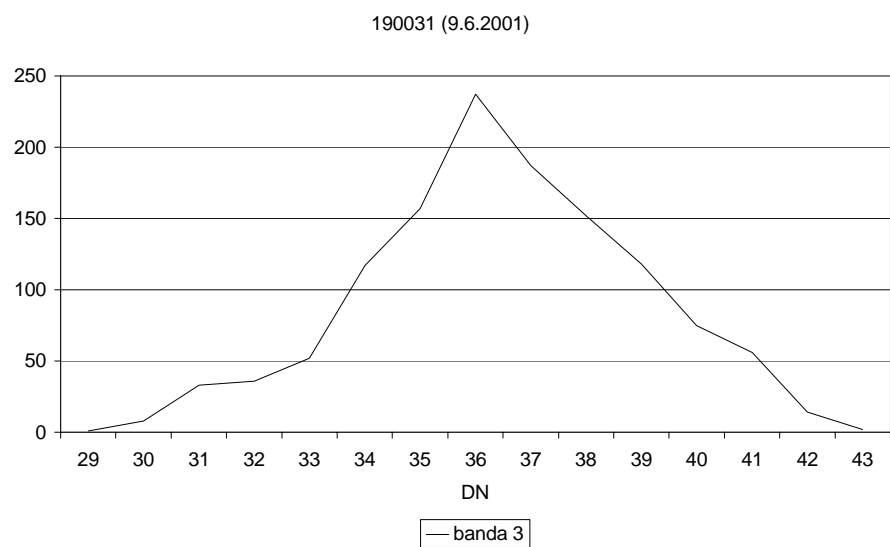


190031 (9.6.2001)

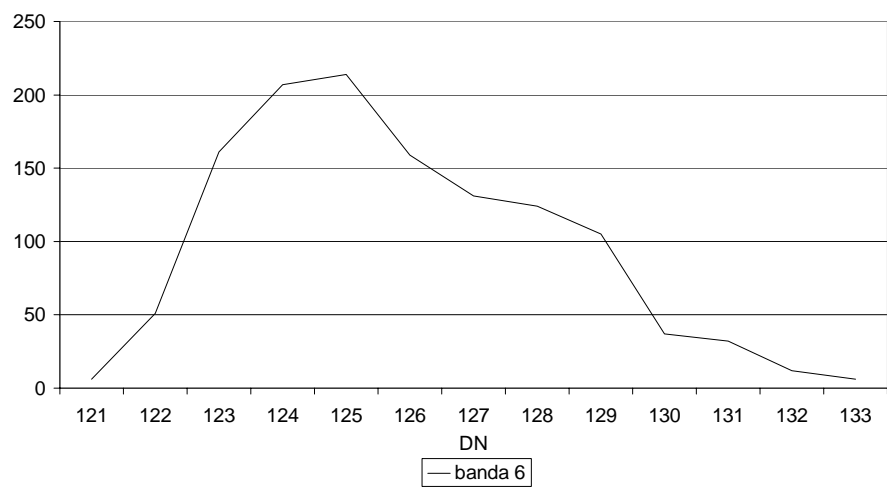


190031 (9.6.2001)

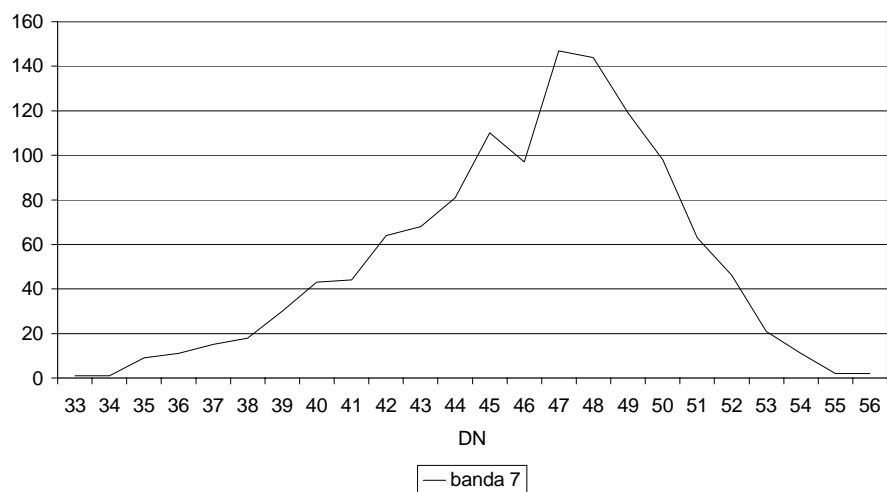




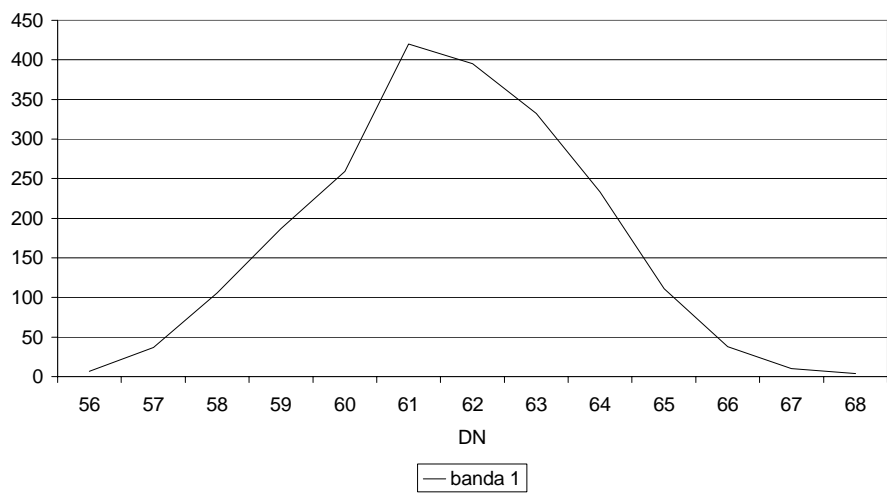
190031 (9.6.2001)

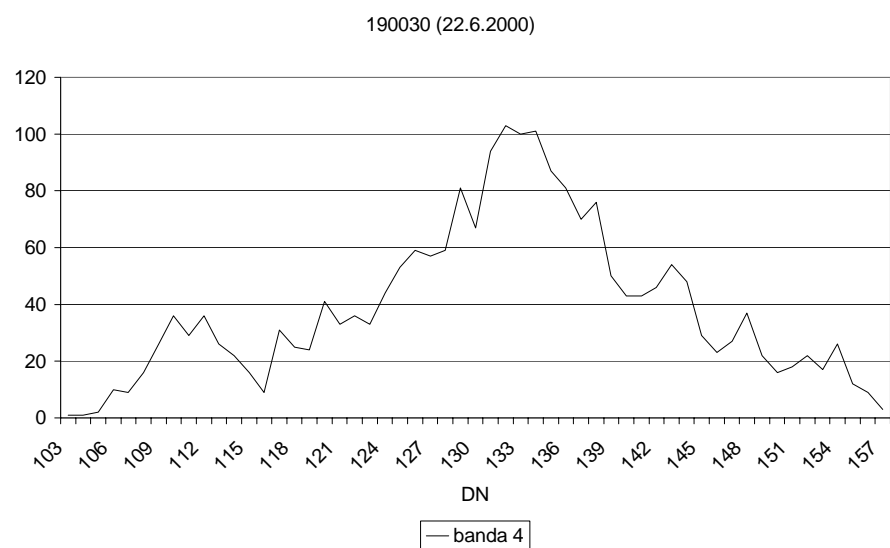
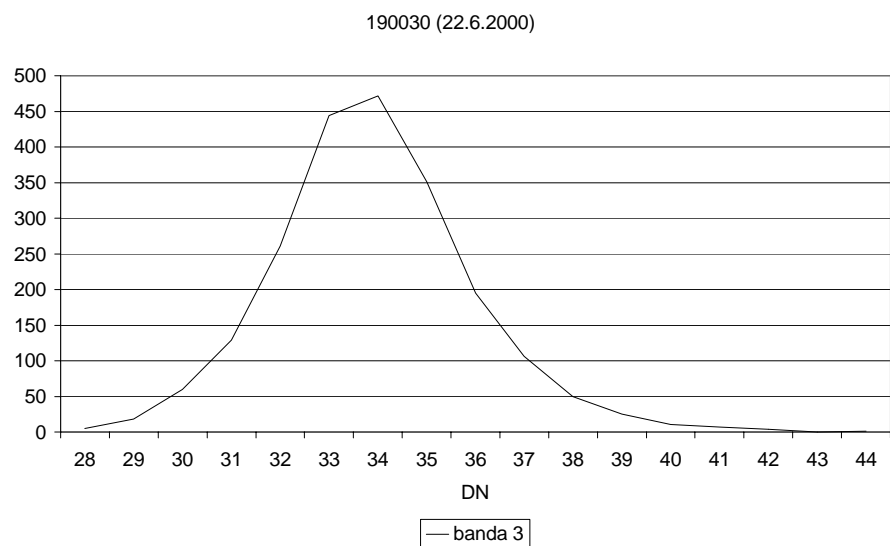
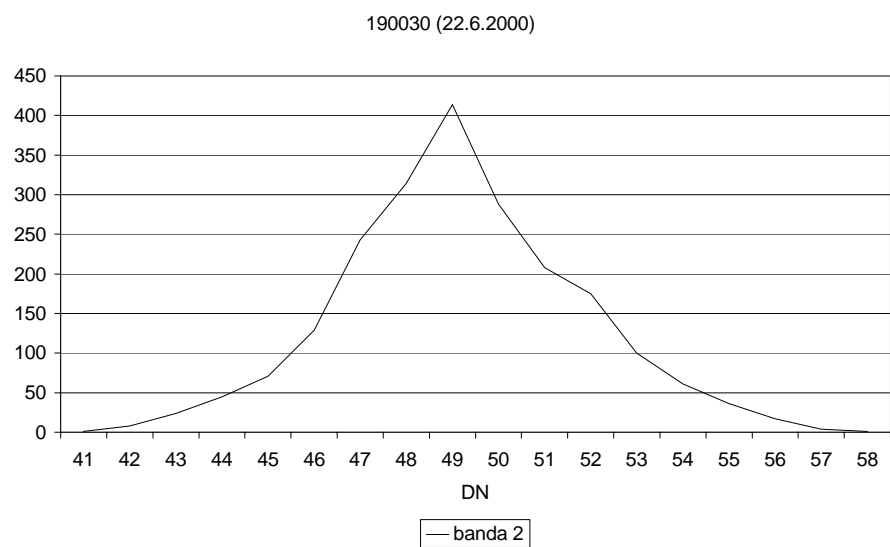


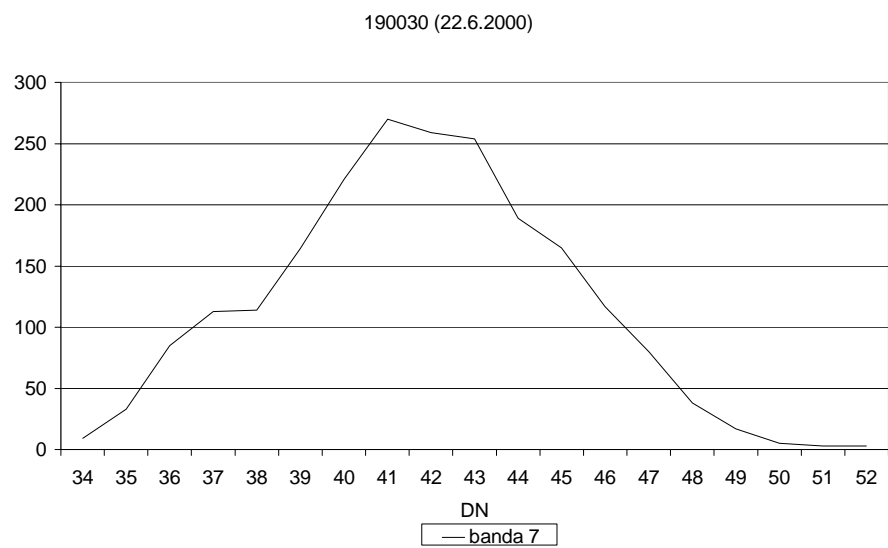
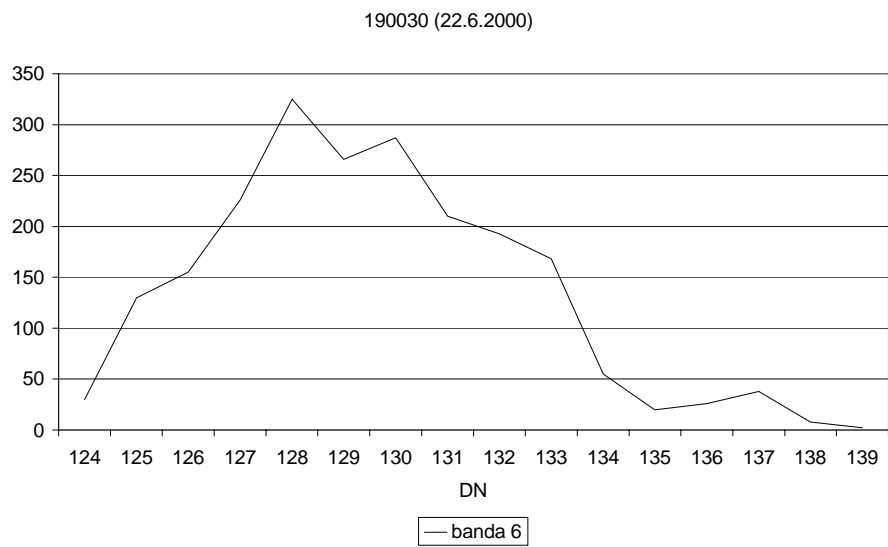
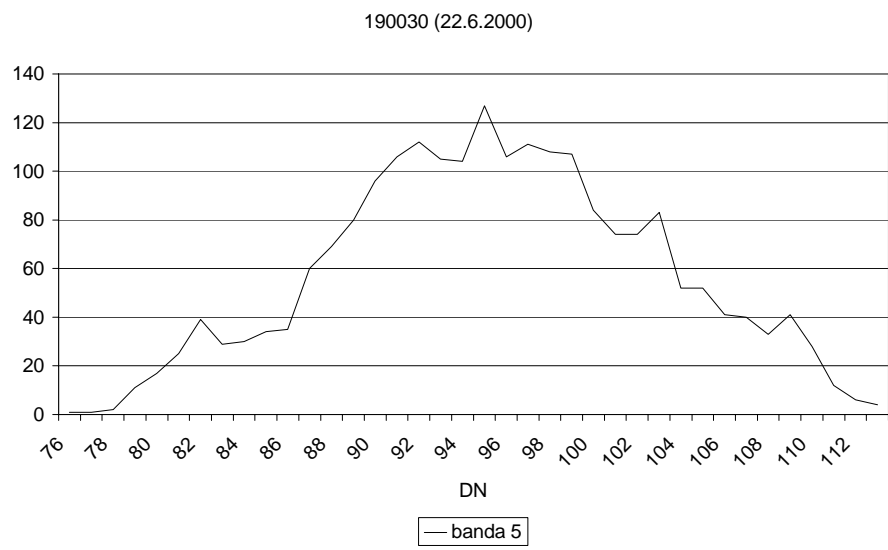
190031 (9.6.2001)

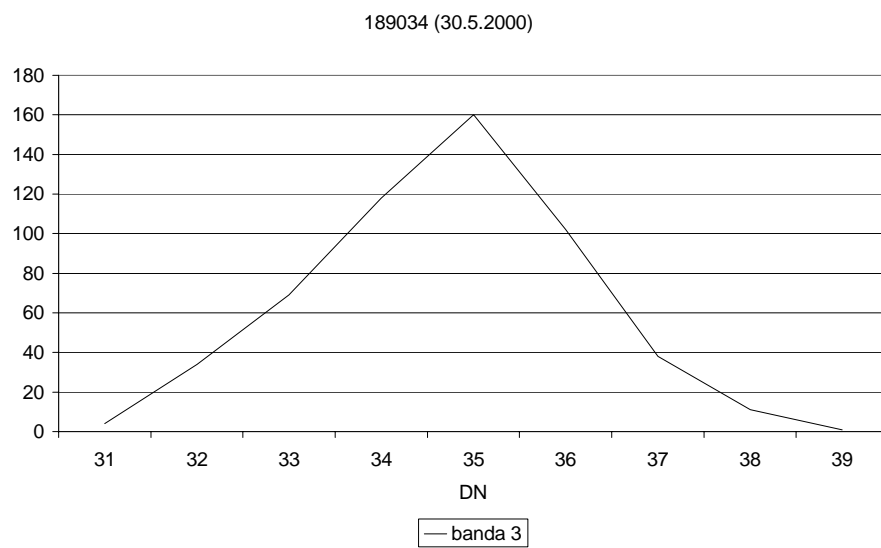
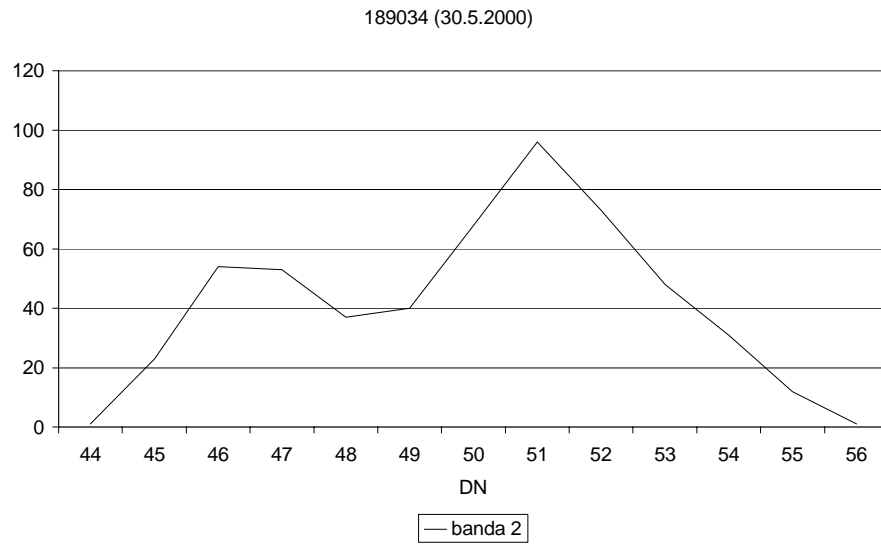
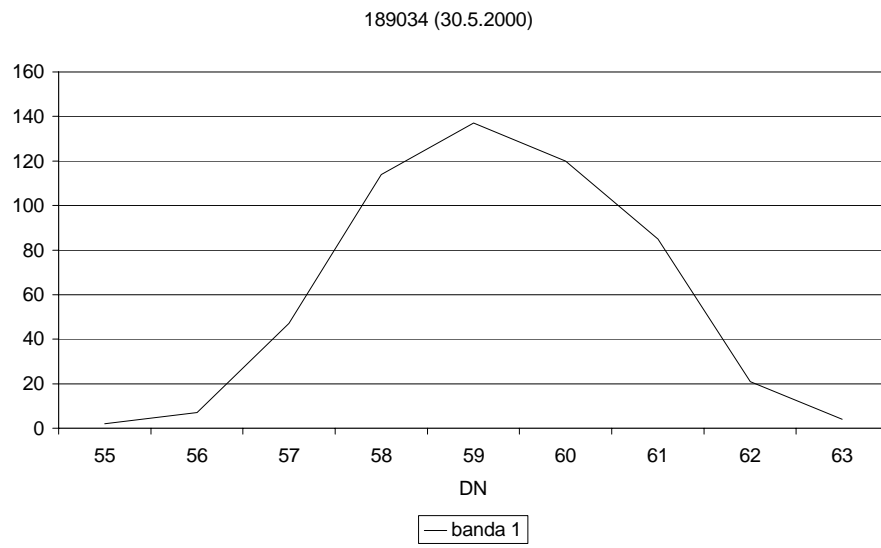


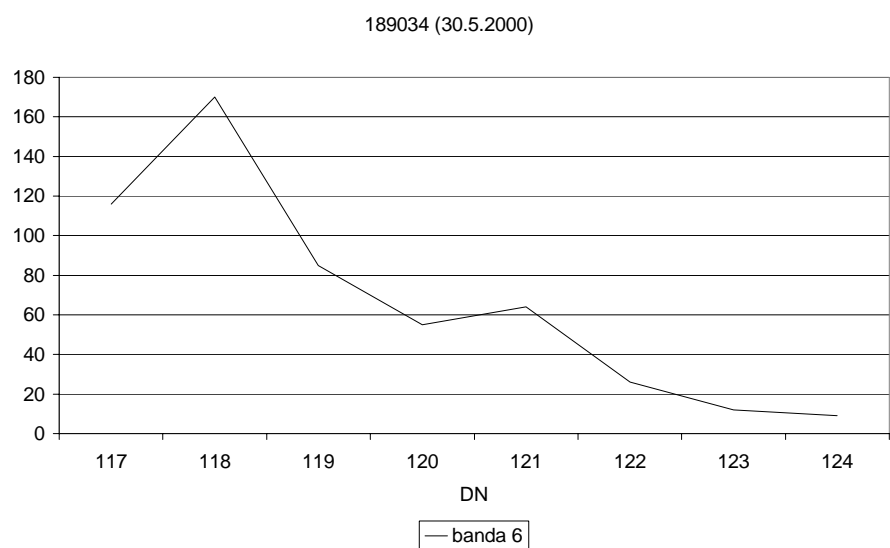
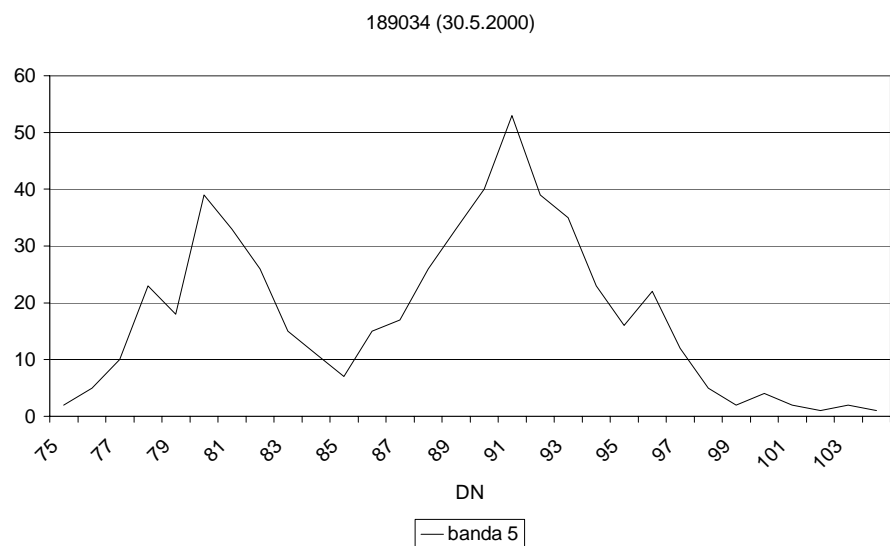
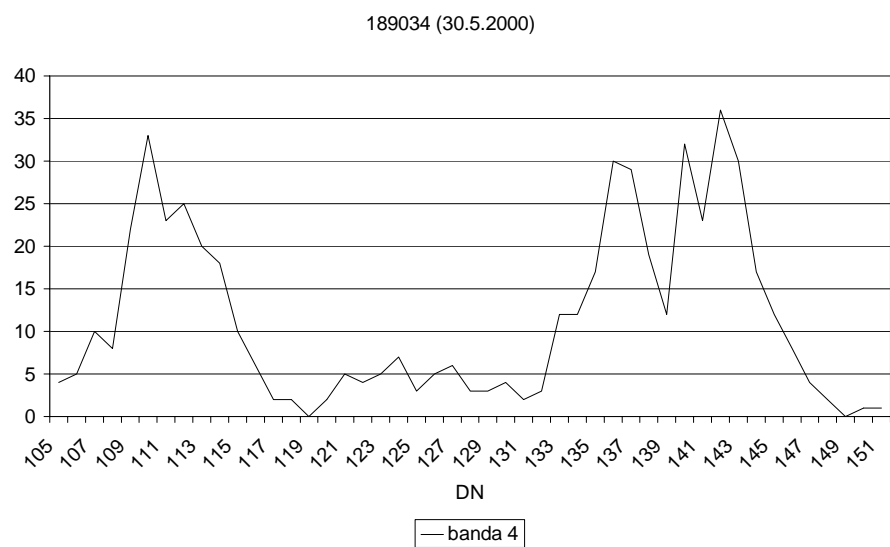
190030 (22.6.2000)

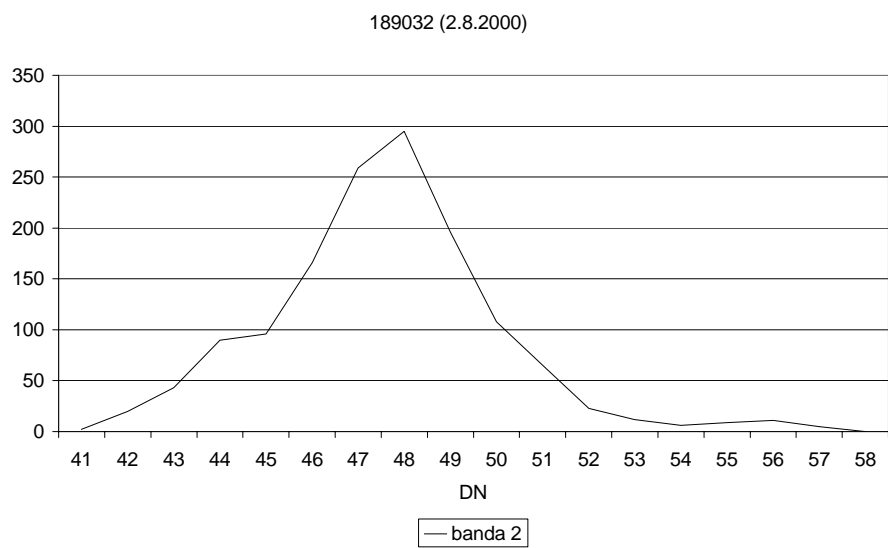
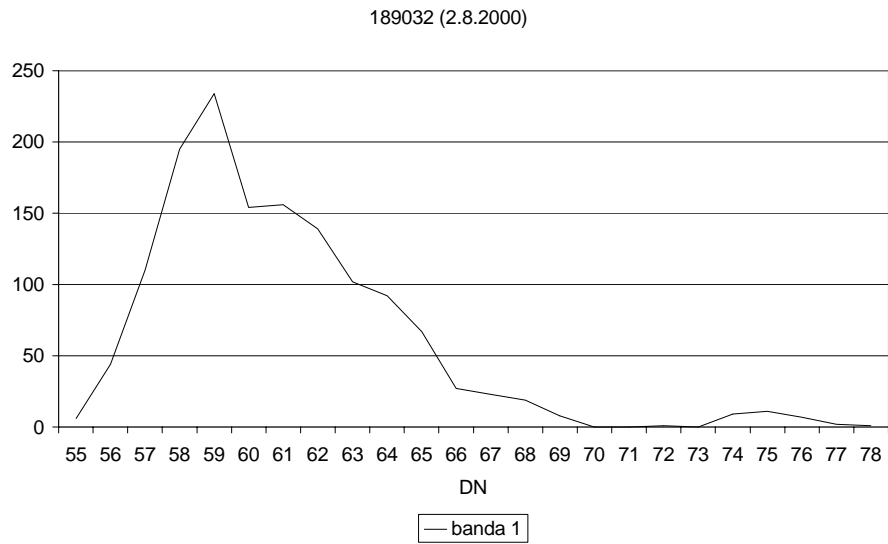
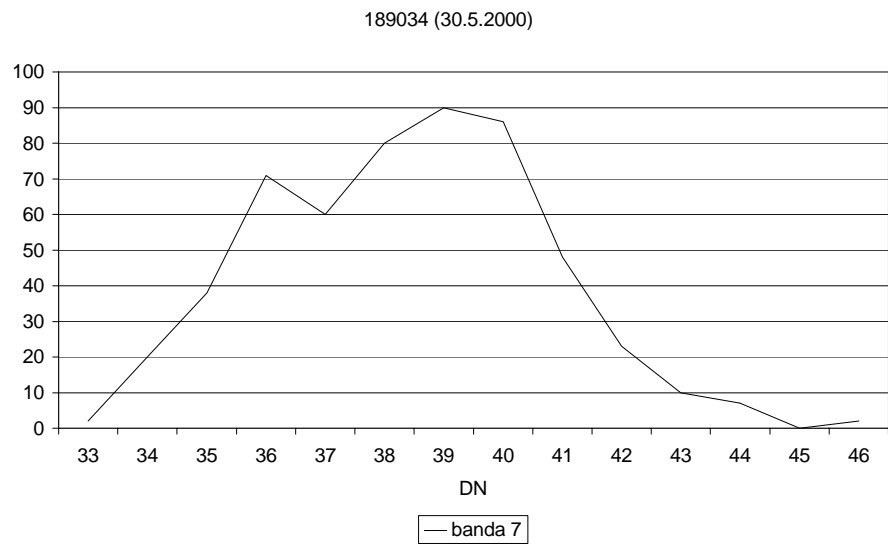


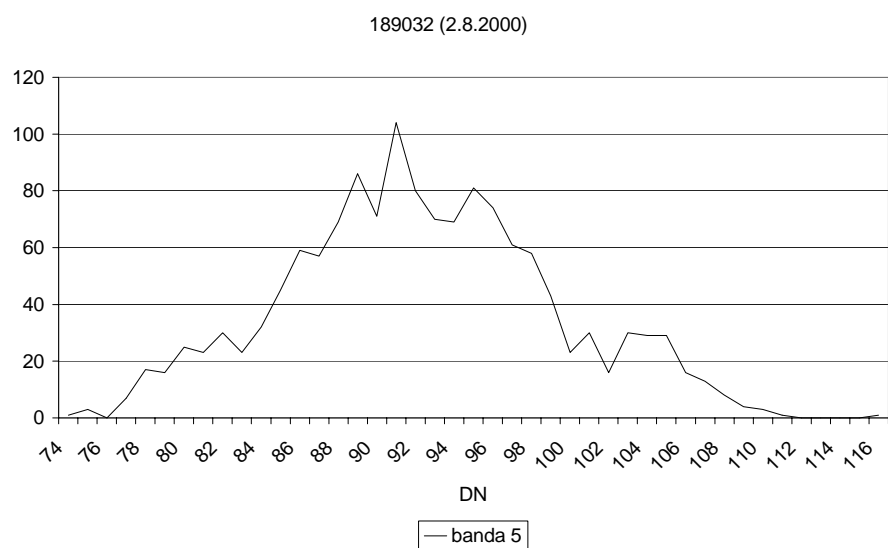
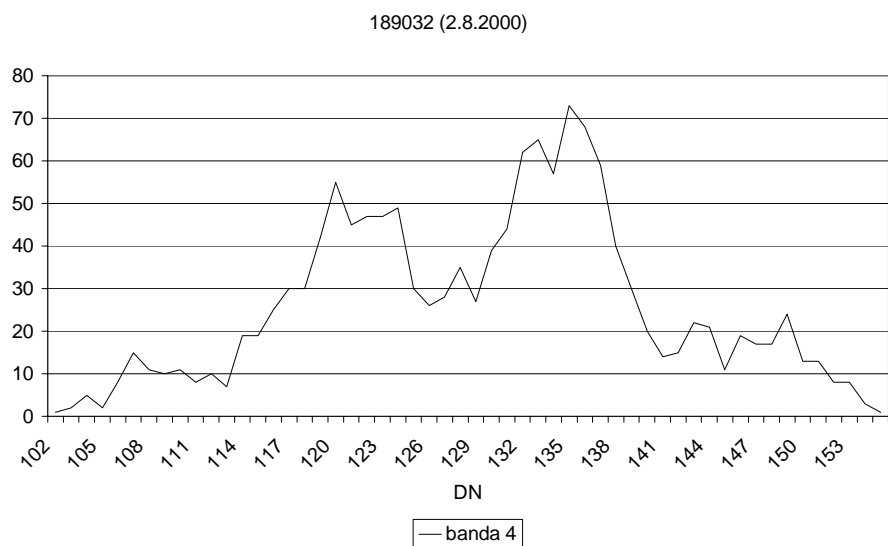
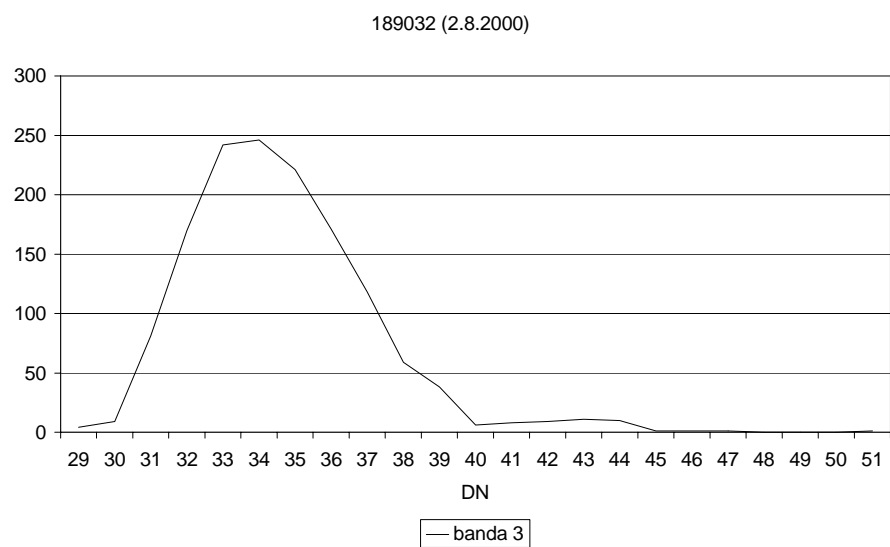


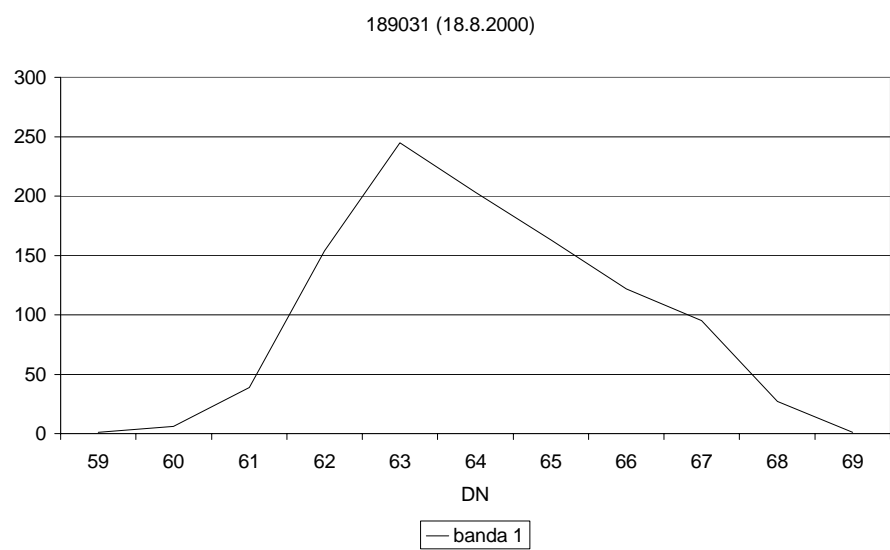
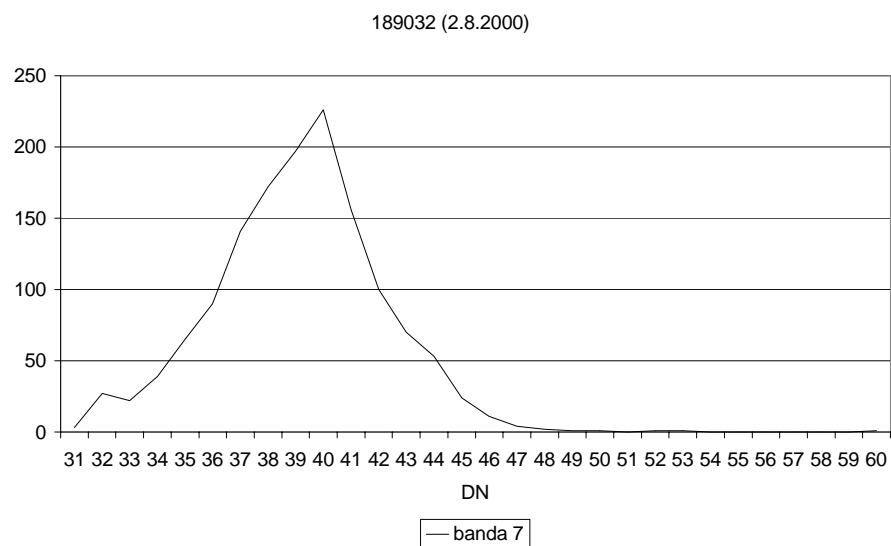
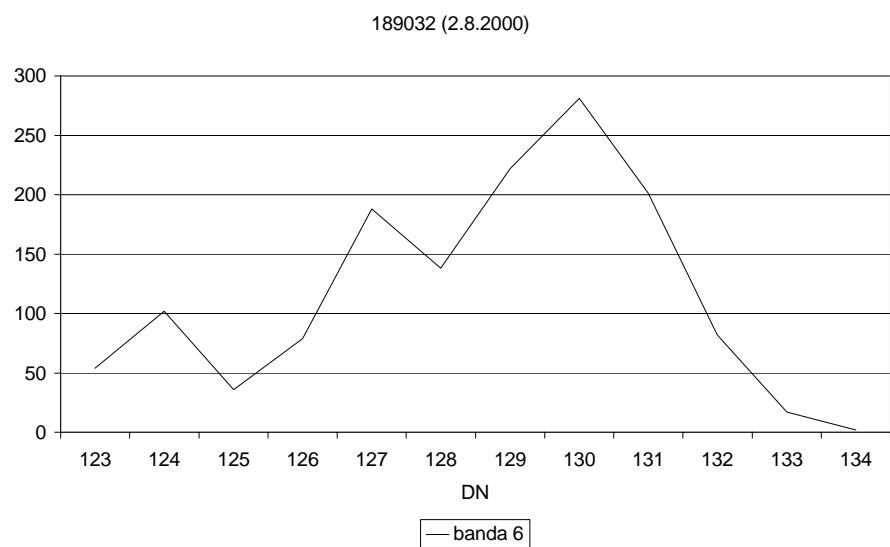


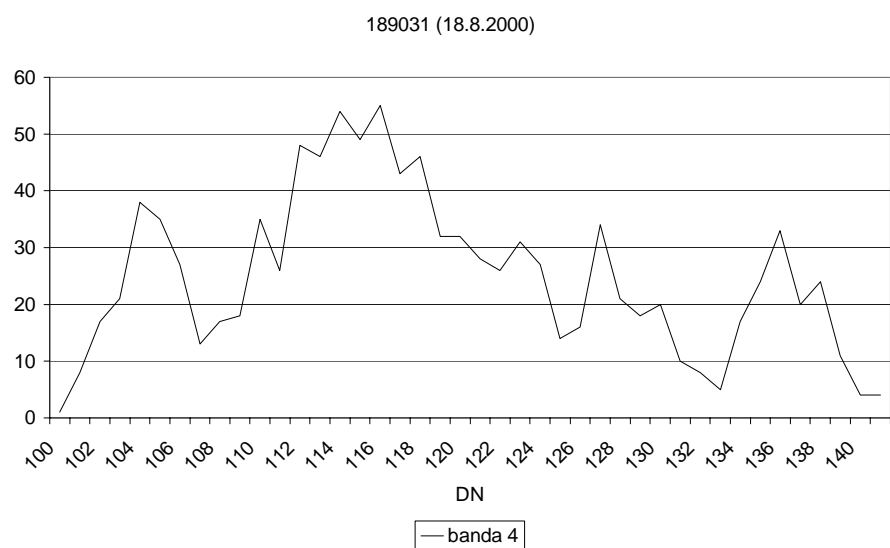
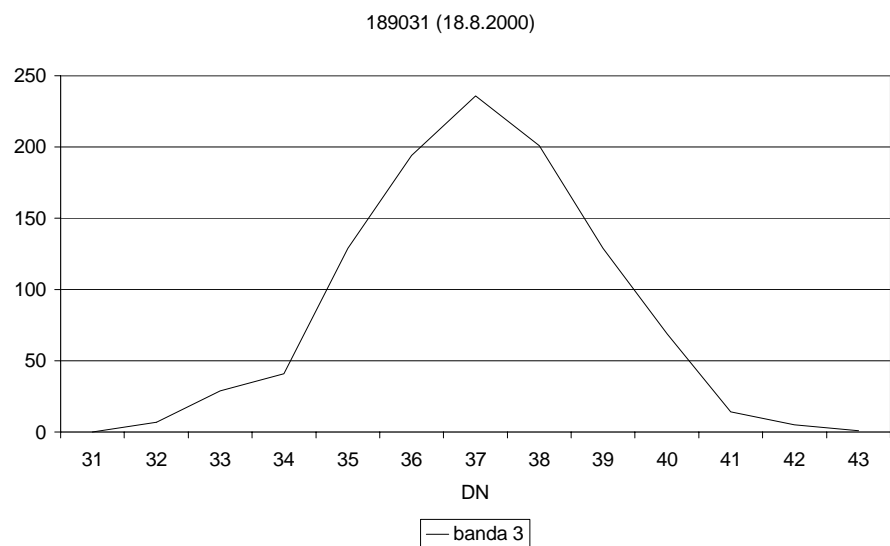
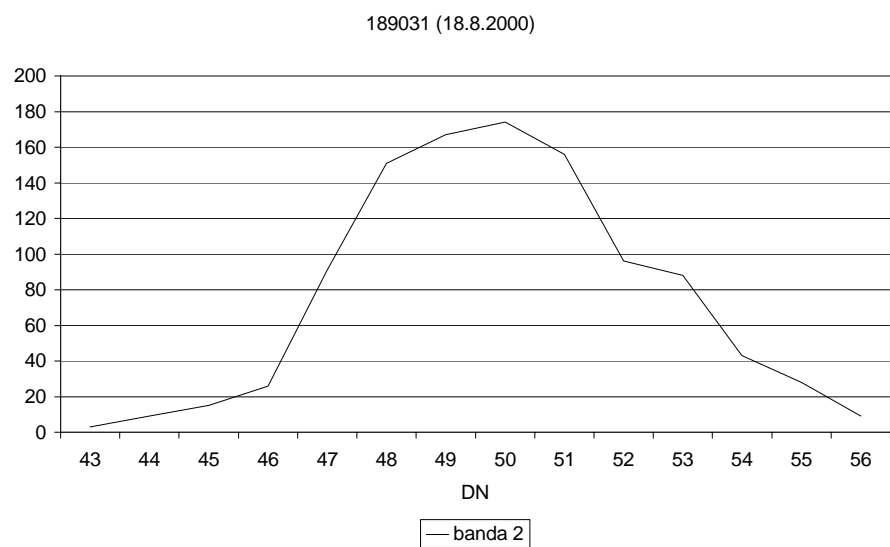


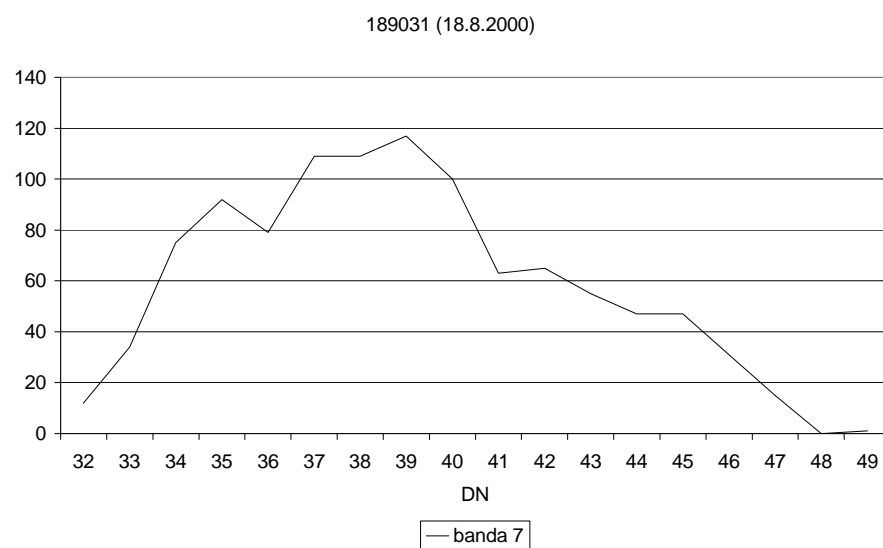
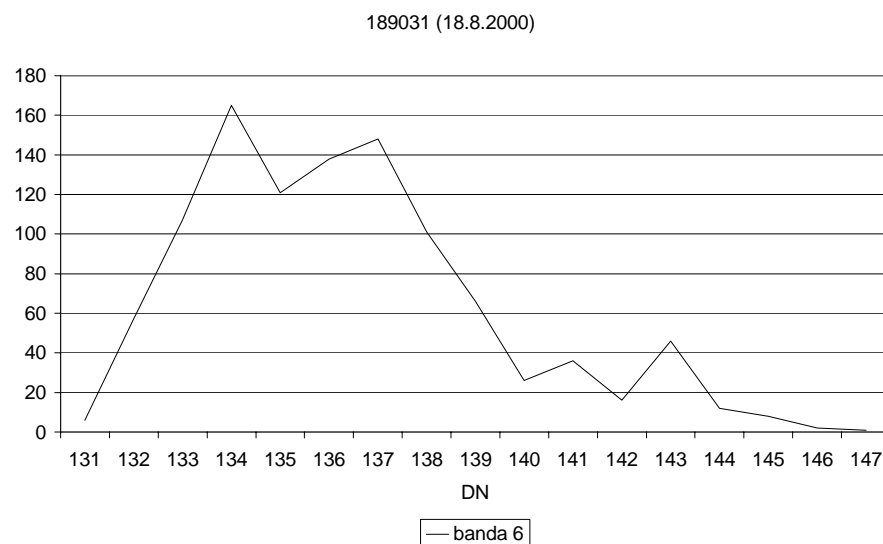
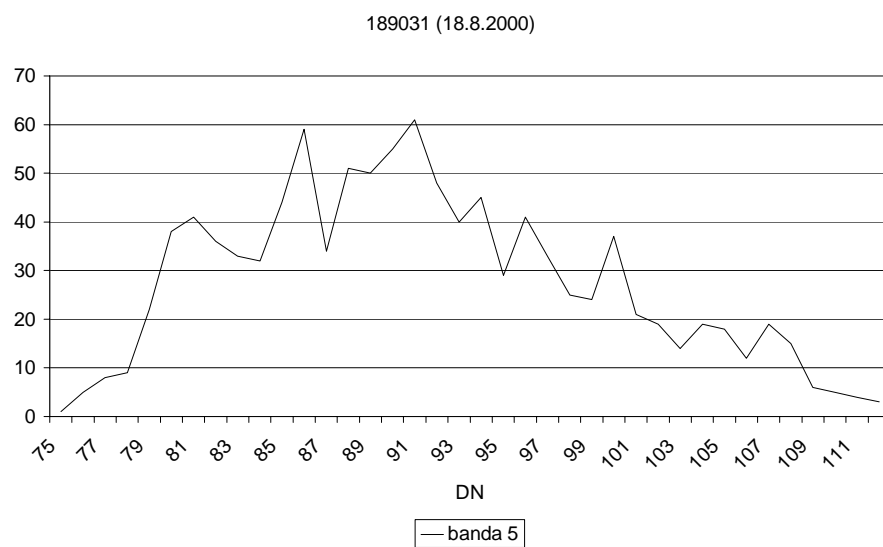


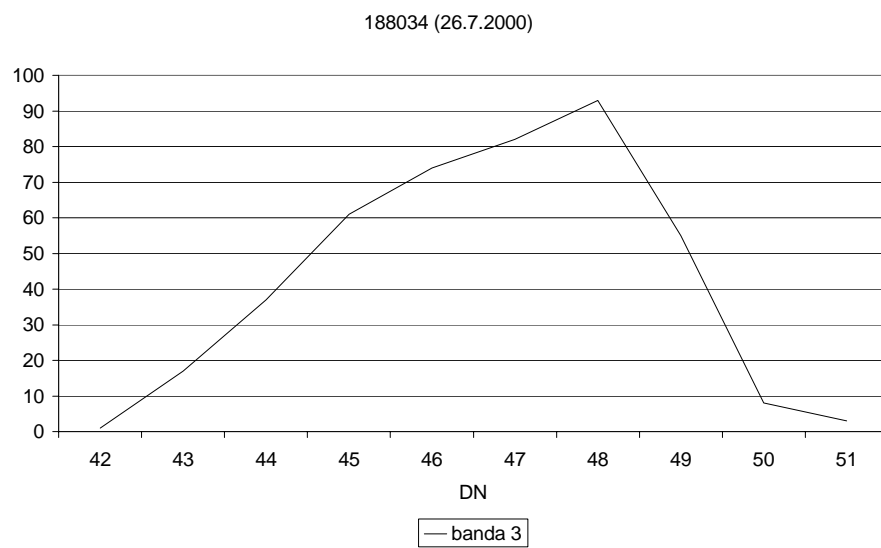
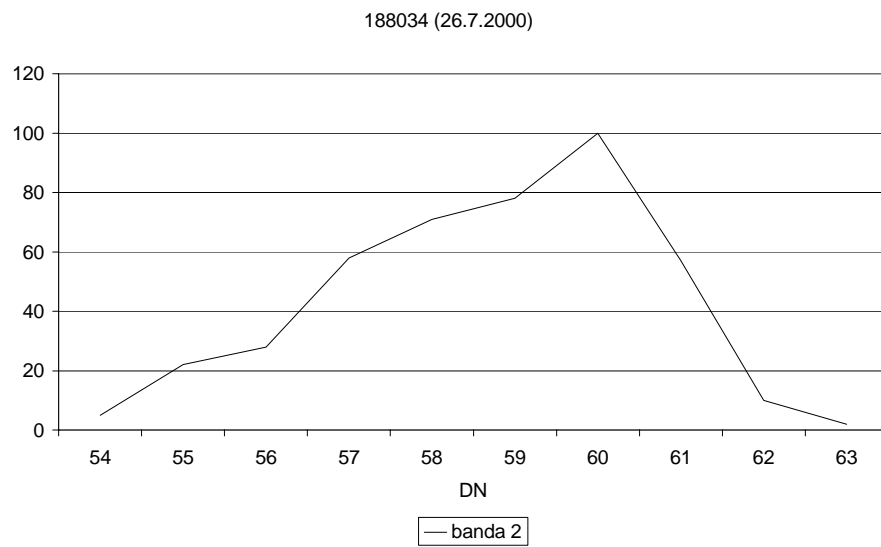
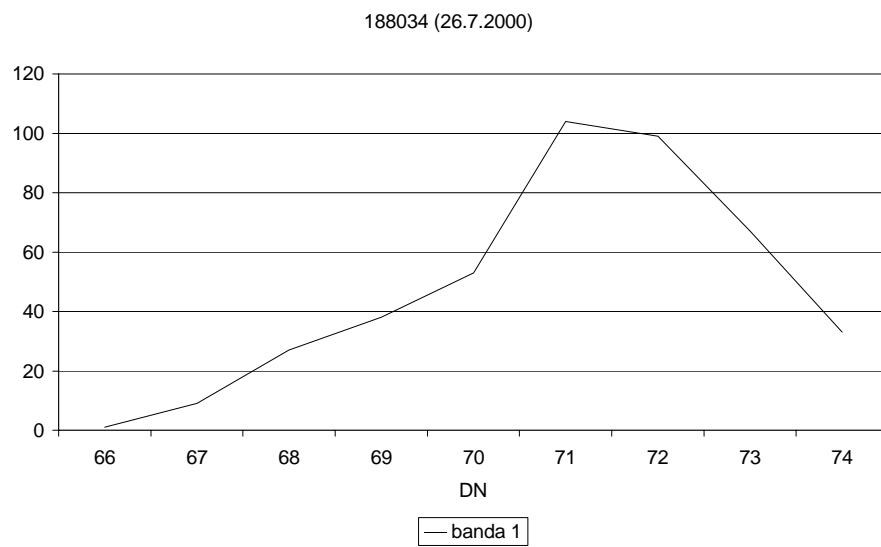


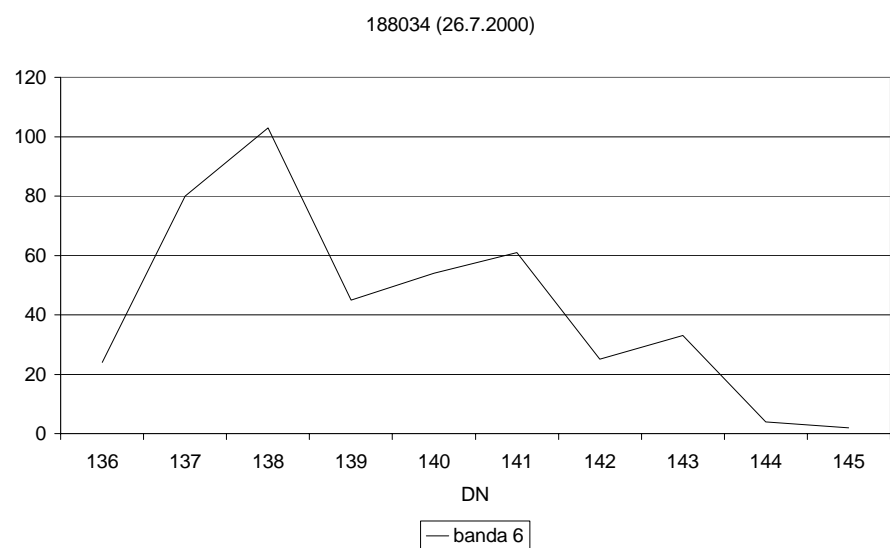
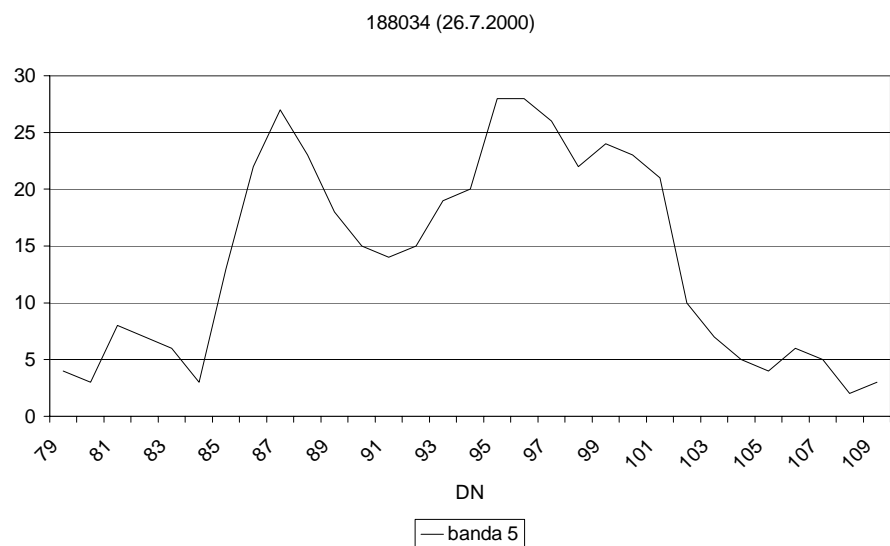
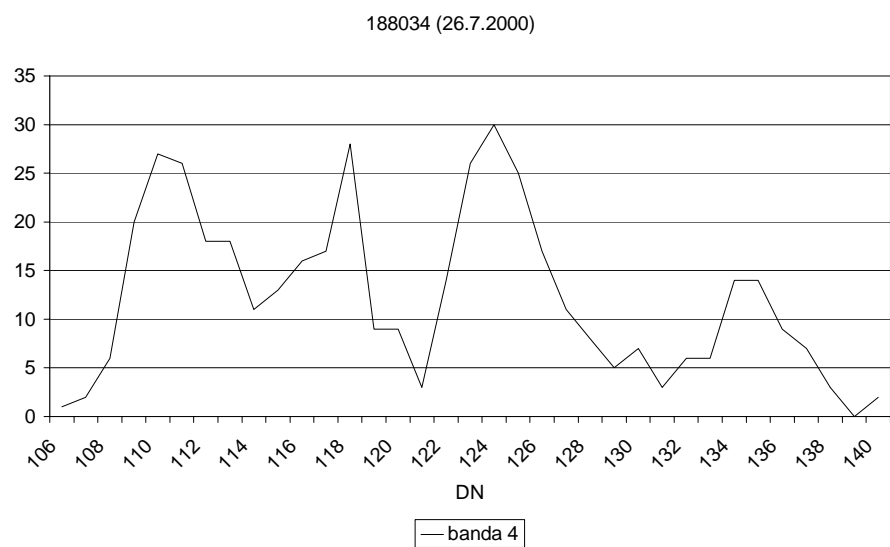


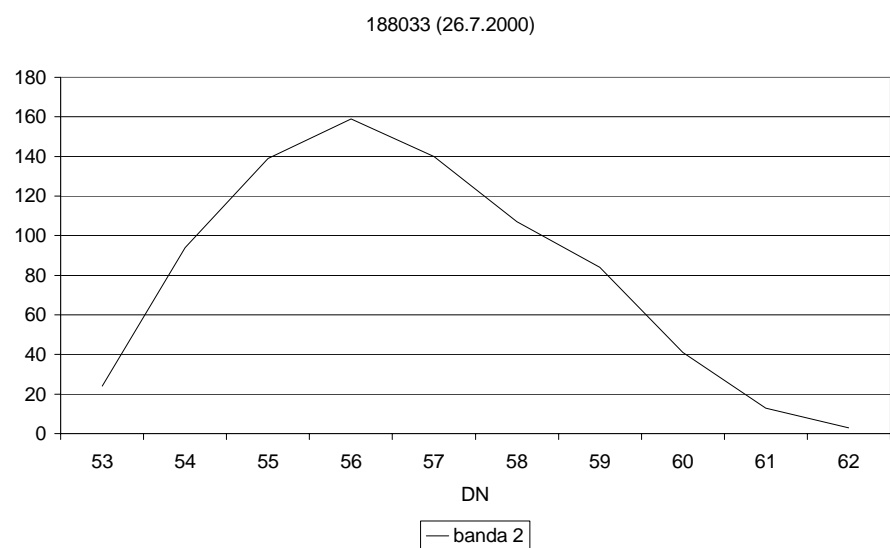
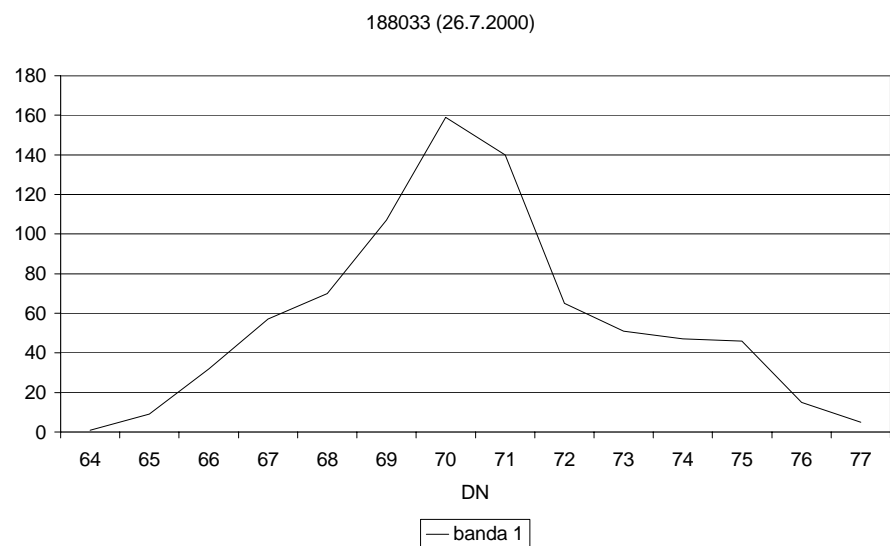
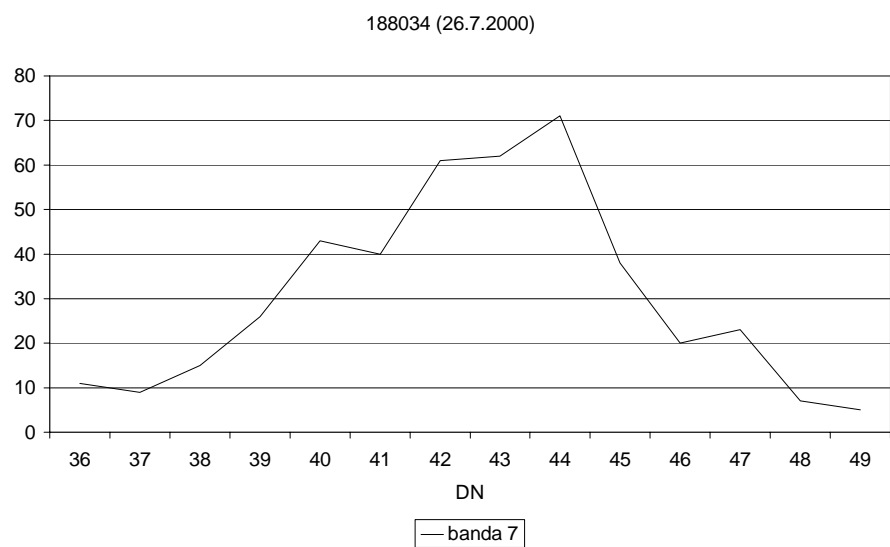


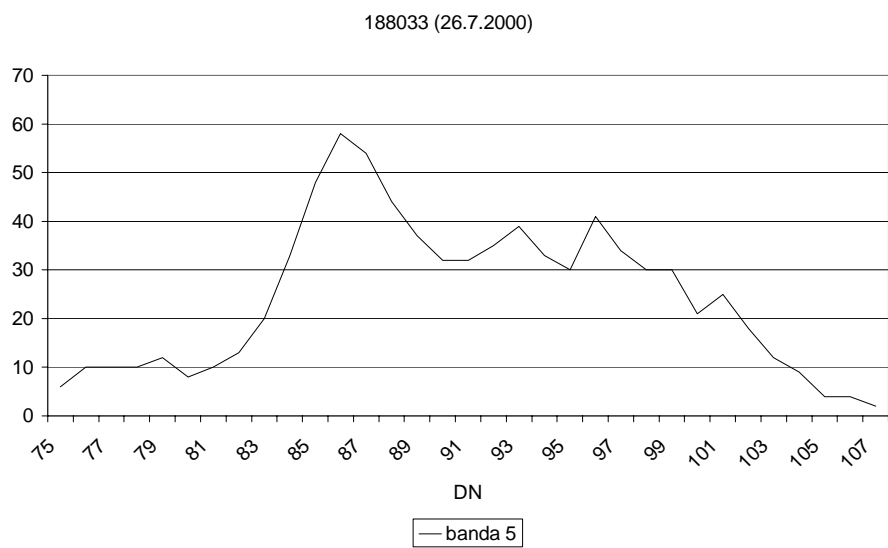
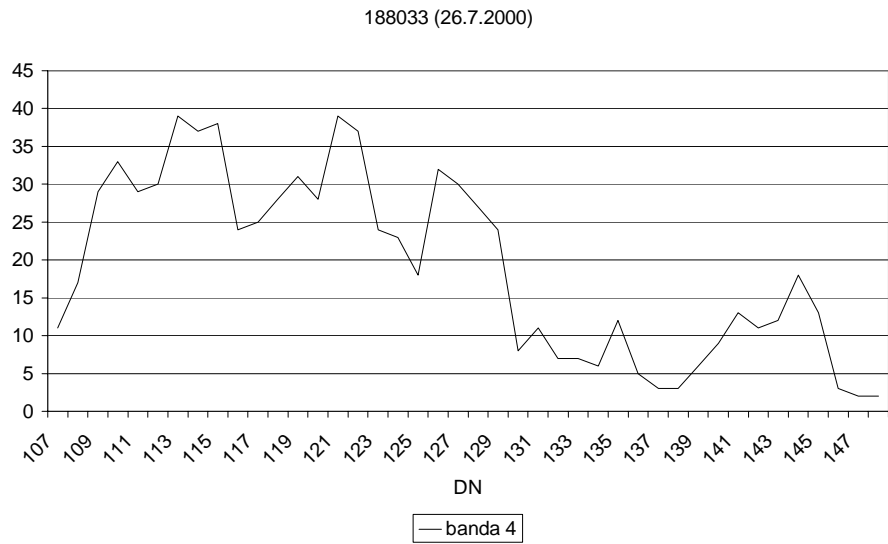
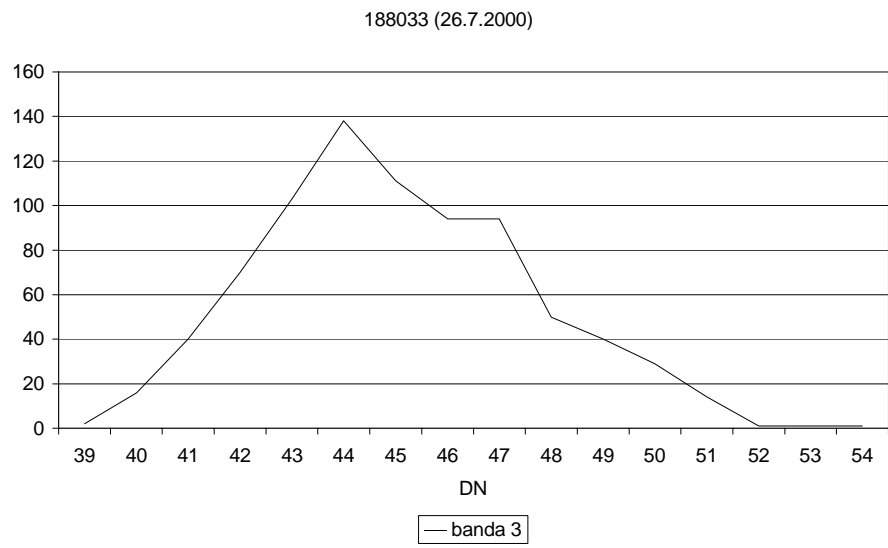


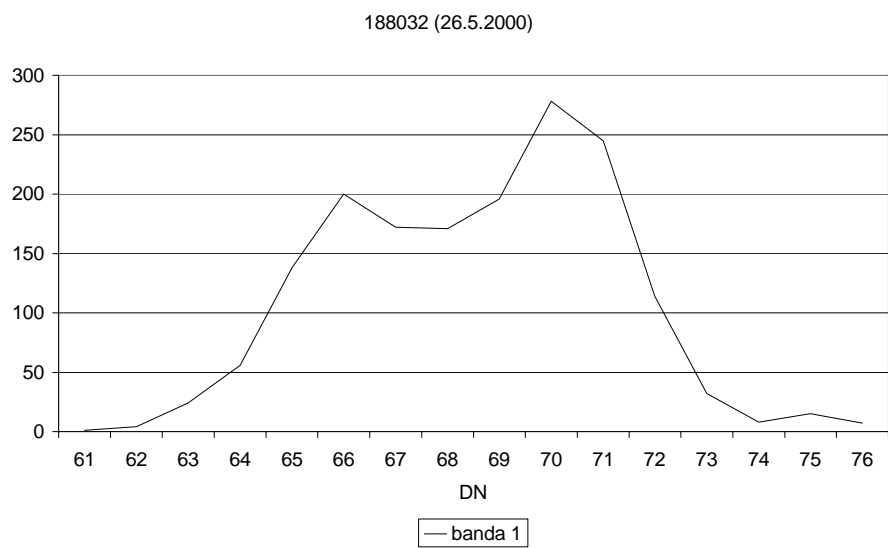
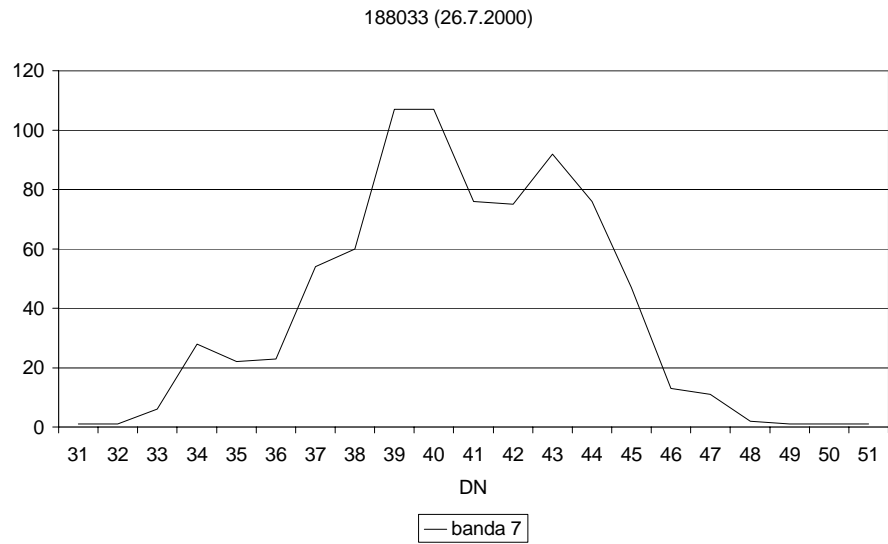
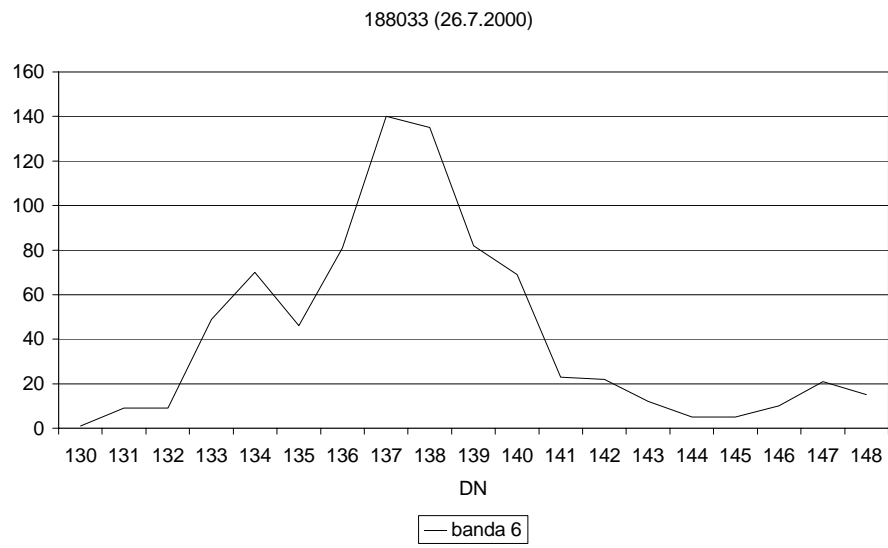


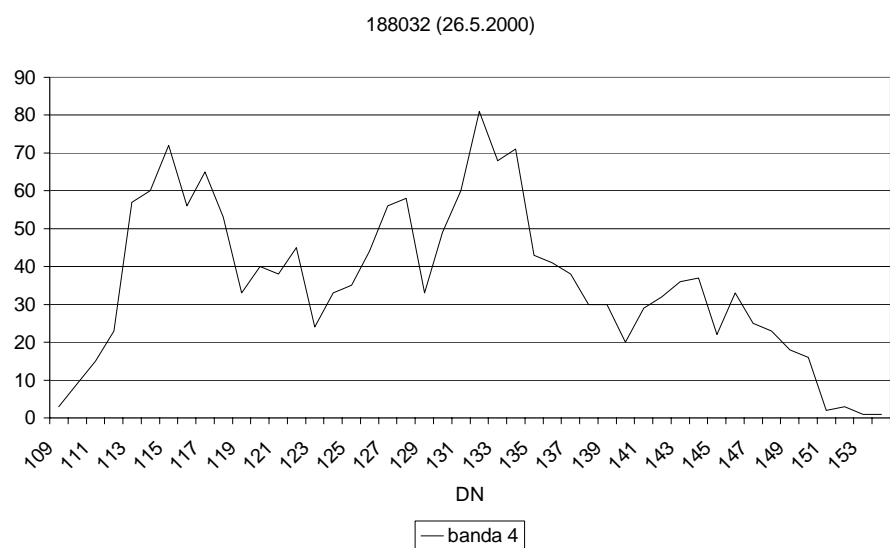
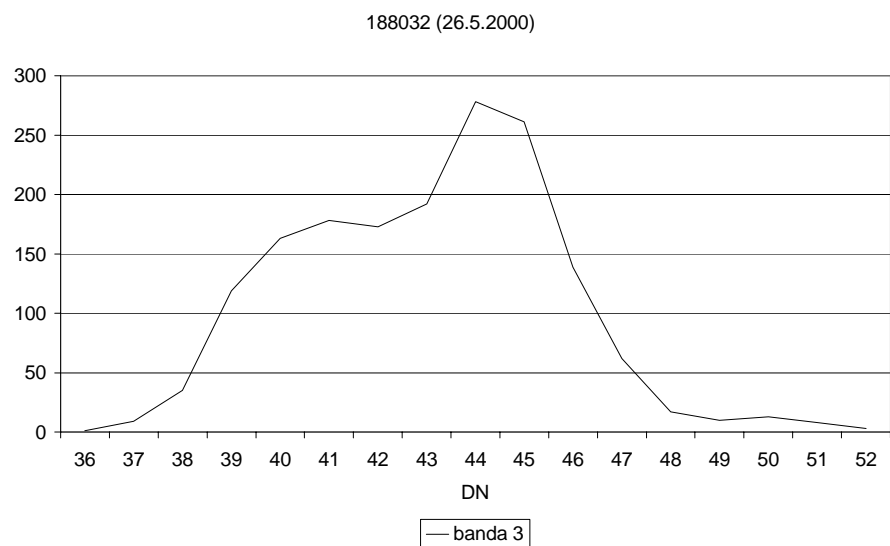
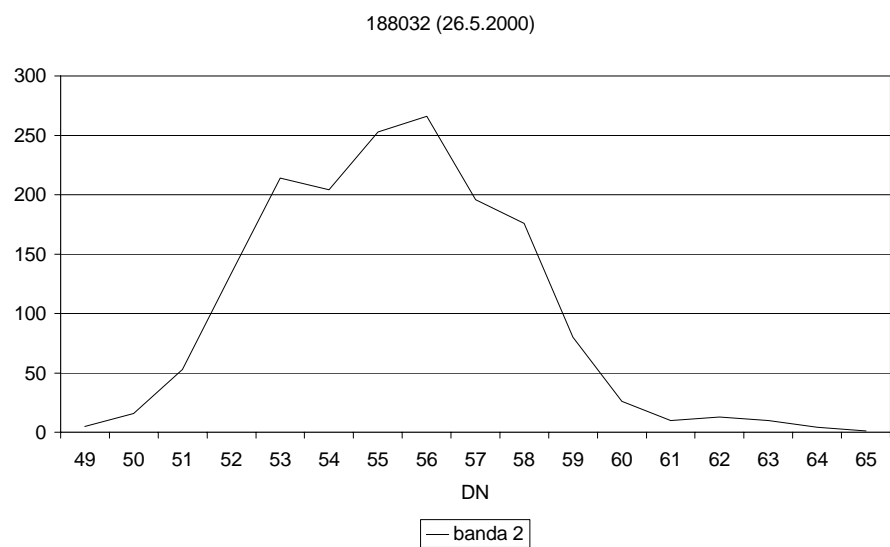


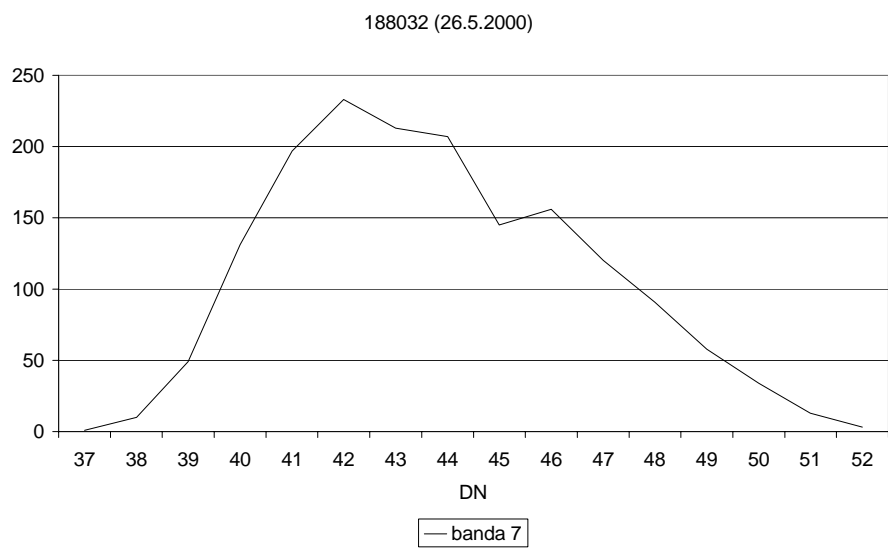
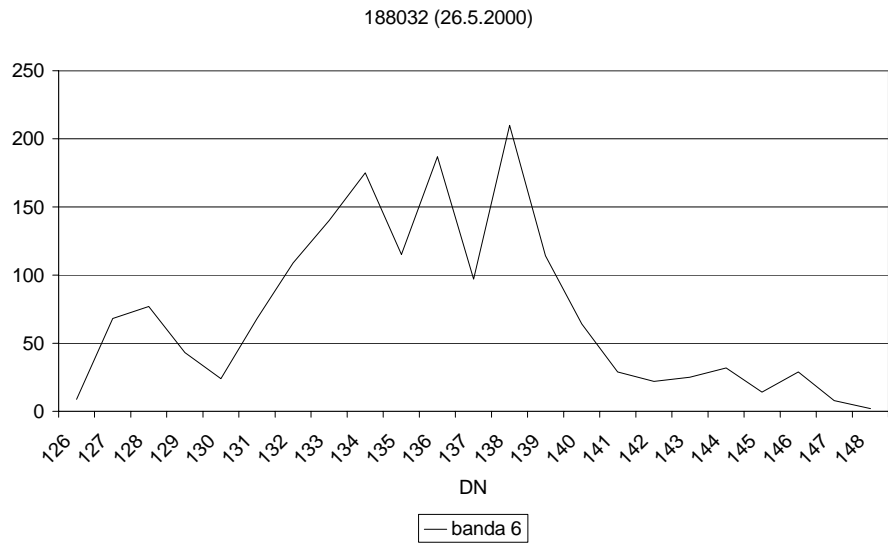
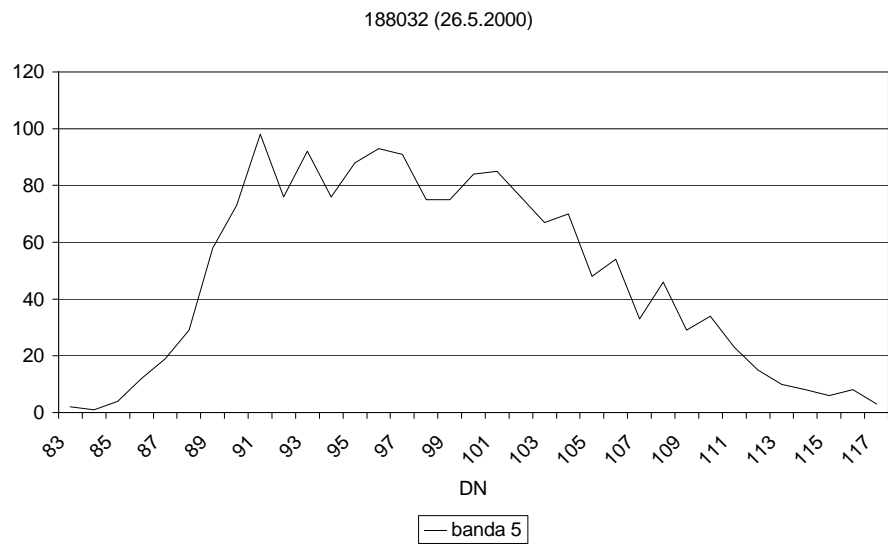


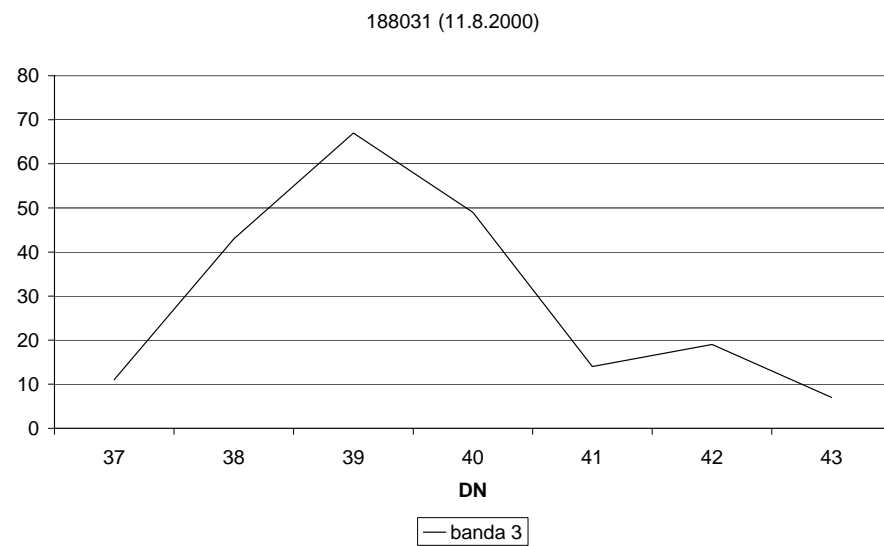
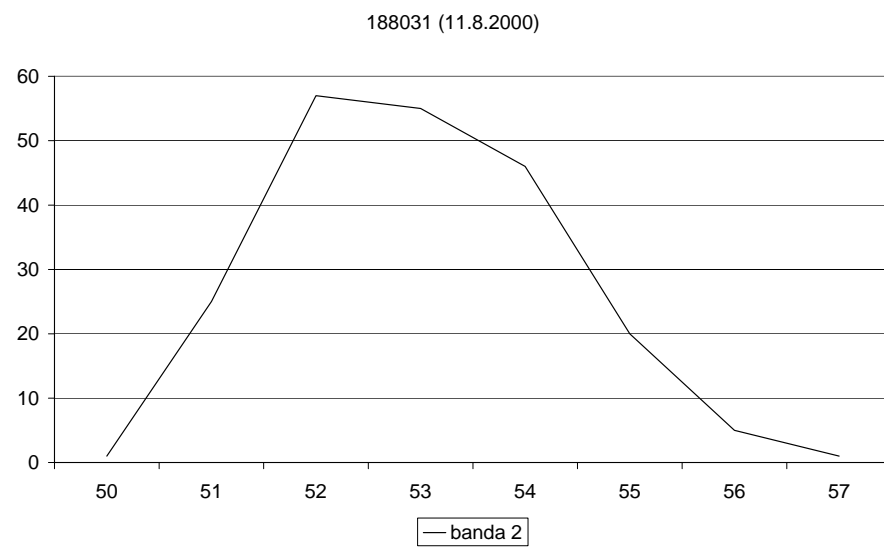
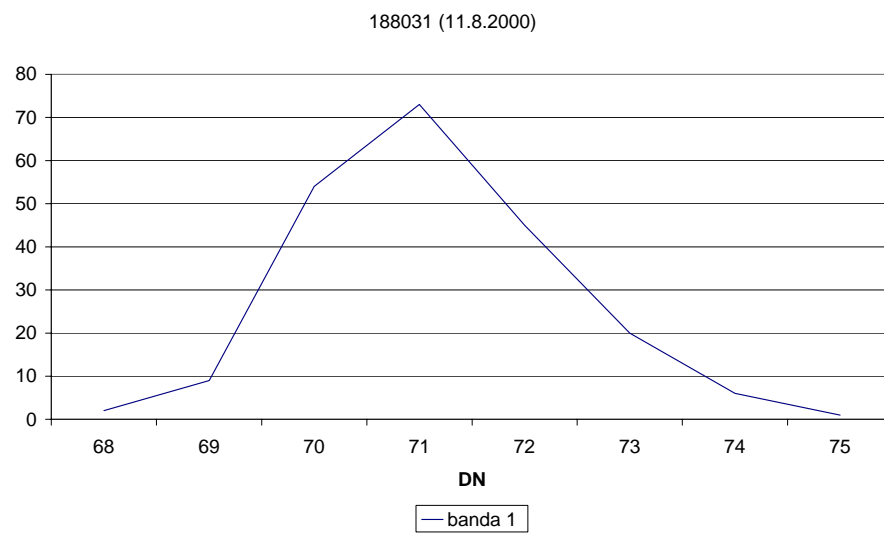


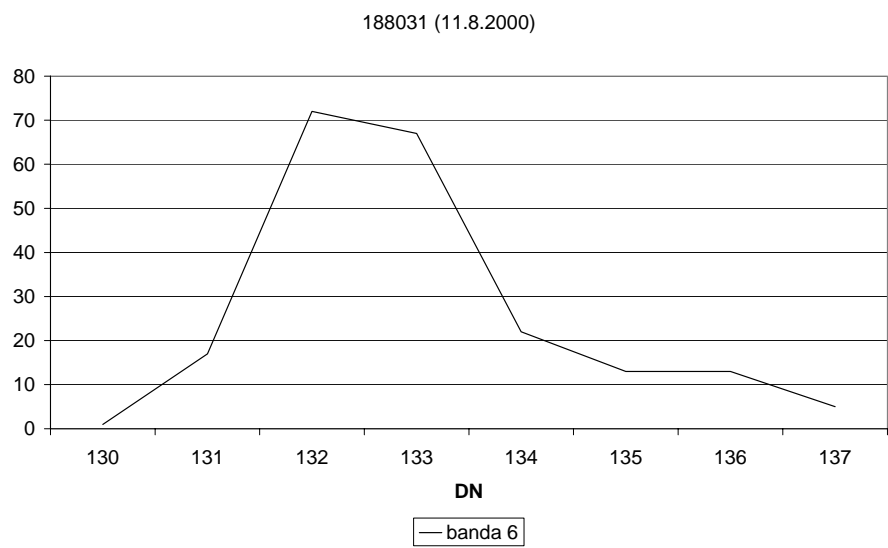
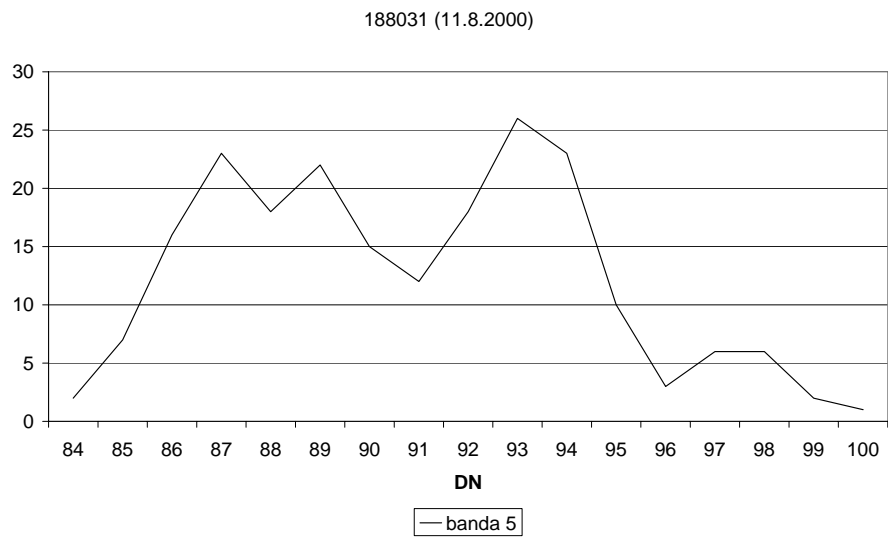
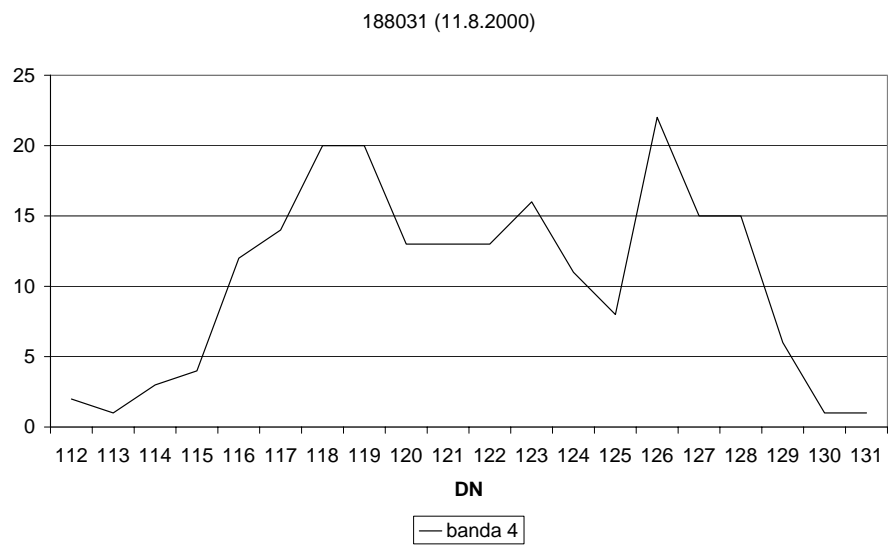


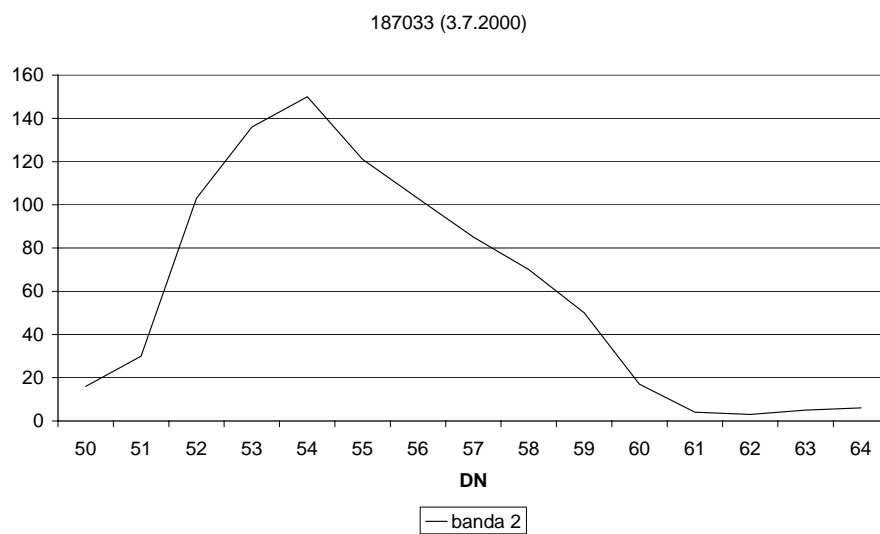
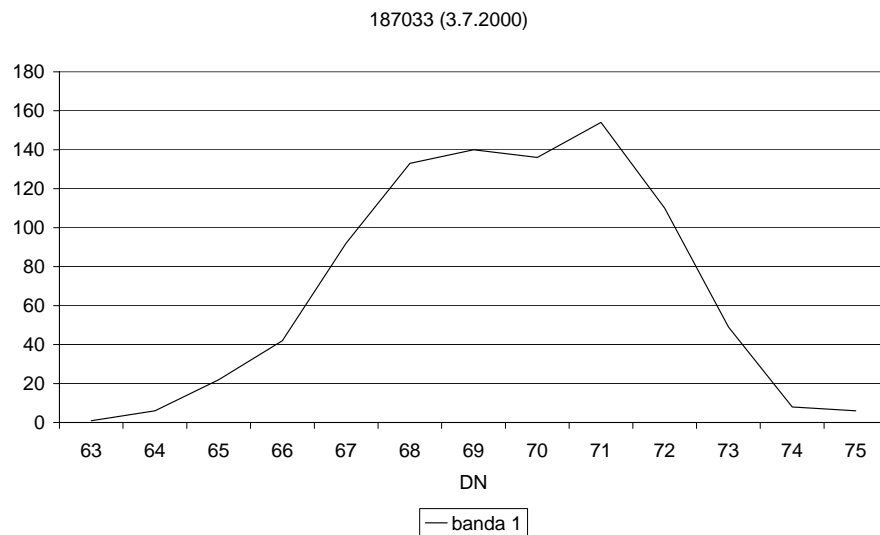
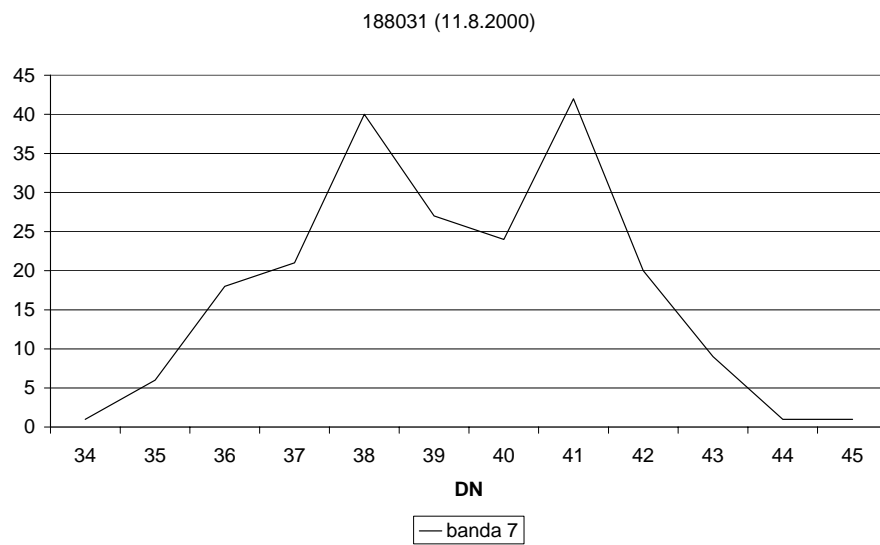


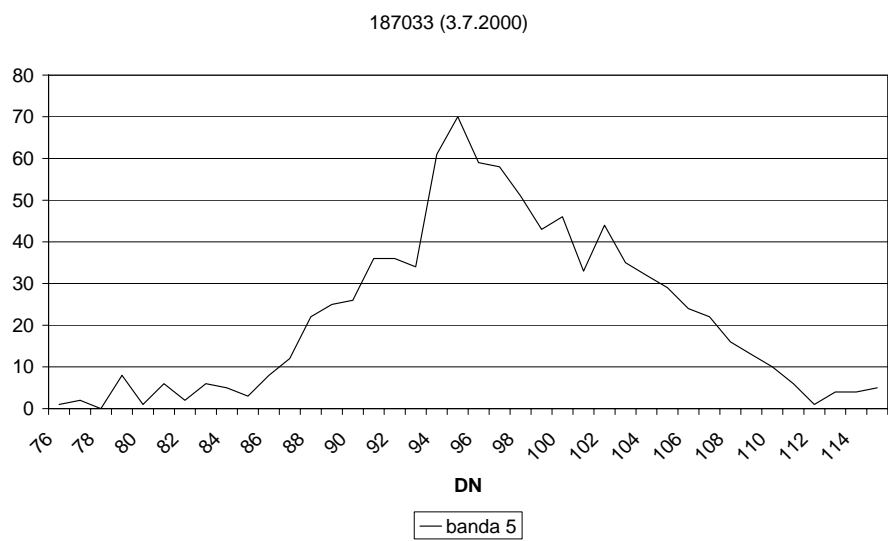
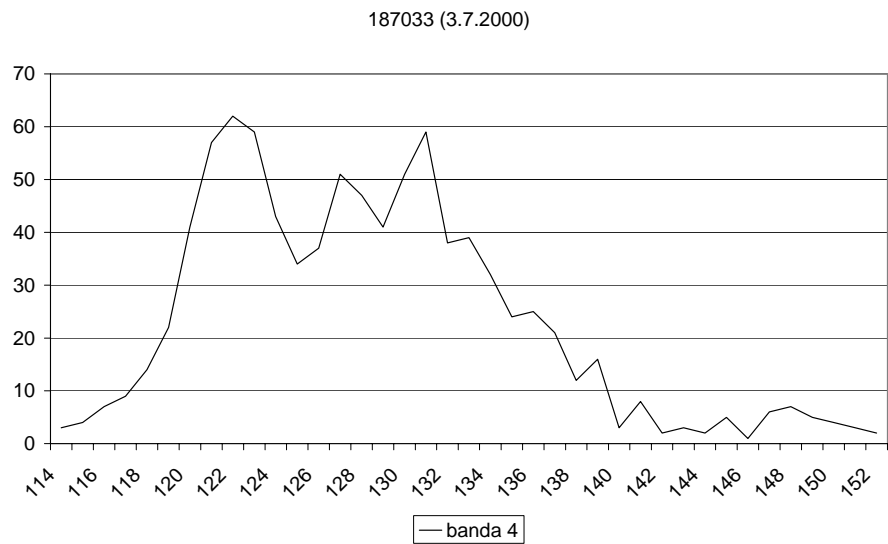
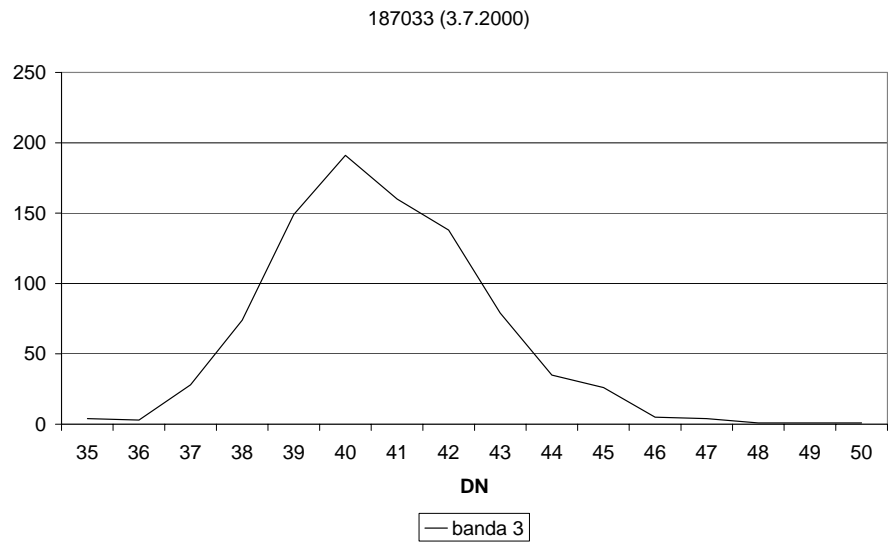




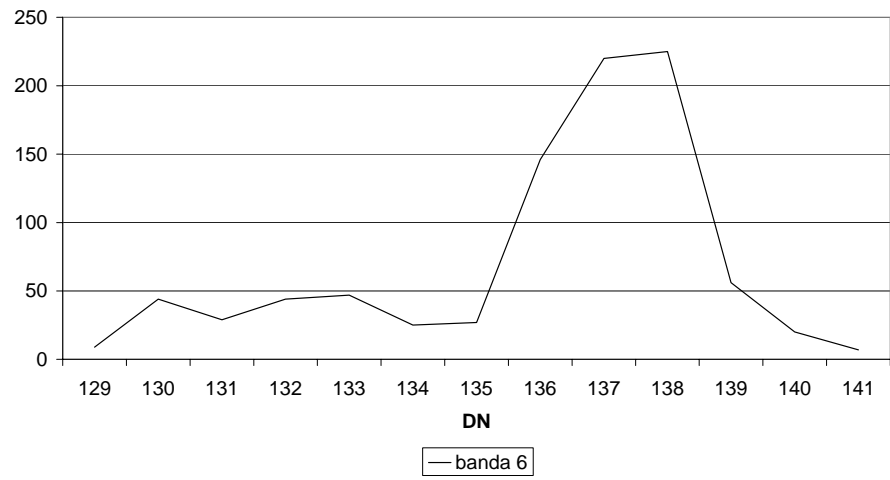








187033 (3.7.2000)



187033 (3.7.2000)

