

# TAŞKIN AKIMLARININ ÖN TAHMİN ÇALIŞMALARINDA UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI

A. Ünal Şorman<sup>\*</sup>, Cemal Saydam<sup>\*\*</sup>, Erol Tunalı<sup>\*\*\*</sup>, Ramazan Küpçü<sup>\*\*\*</sup>, Ilgaz Kaya<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Prof. Dr. , ODTÜ, İnşaat Müh. , Su Kaynakları Lab.

<sup>\*\*</sup> Prof. Dr. , TÜBİTAK

<sup>\*\*\*</sup> TÜBİTAK - BİLTEN , Coğrafi Bilgi Sistemleri Gurubu

## Özet

Kar hidrolojisi, hidrolojik çevrim elemanları içinde en az incelenen konudur. Son 20 yıl içerisinde bilimsel araştırmalar bu konuda artış göstermiş ve rezervuarlarda depolanan suyun önemli bir kısmını teşkil eden kar erimesi incelenmeye başlanmıştır.

Bu konu, gelişmiş ülkelerde, gerçek zaman bazında barajların işletilmesinde kullanılmakta ve bu sayede barajlardan üretilen enerji, sulama suyu, taşkın koruma vb. konular optimize edilebilmektedir.

Bu araştırma, Türkiye'nin doğu bölgesinde yer alan Karasu havzasında kar erimesinden kaynaklanan taşkın akımlarının uydu görüntülerinden , coğrafi bilgi sistemlerinden ve mevcut hidrolojik modellerden (SRM , HBV) yararlanılarak ön tahmini ile ilgilidir.

**Anahtar kelimeler :** Karasu Havzası , ön tahmin , uzaktan algılama , coğrafi bilgi sistemleri , SRM modeli , HBV modeli.

## Amaç

Bu projenin amacı , NOAA/AVHRR uydu görüntülerini kullanarak kar örtüsü ile kaplı alanların bulunması , sınıflandırılması ve elde edilen verilerin bir kar erime modelinde girdi olarak kullanılmasıdır. Bu kar-erime ön tahmin modeli (SRM, HBV) , Keban Barajına katılan önemli nehir kollarından biri olan Karasu havzasına uygulanacaktır. Bu havzada Mart ile Haziran ayları arasında kar erimesinden gelen taşkın hacimleri , toplam yıllık su hacminin yaklaşık 70-74%'ü arasında değişmektedir.

Kar ile kaplı alanların zaman içerisindeki alansal değişimleri ve kar derinliklerinin erime mevsimi sırasında tahmini , NOAA/AVHRR üç bantlı görüntü kompozitleri (Band 1, 3 ve 4) ile hem ekonomik hem de istenen zaman aralığında yapılabilmektedir. Halen işletilen kar gözlem istasyonlarından derinlik ve yoğunluk değerleri manual olarak alınmaktadır. İleride açılacak yeni gözlem istasyonlarında bu değerler telemetrik yolla toplanıp coğrafi bilgi sisteminin veri bankasına aktarılacak ve ilgili uydu görüntüleri üzerine otomatik olarak işlenecektir.

## ODTÜ'nin ilgili Araştırma Birimlerindeki RS/GIS olanakları

Bu araştırmanın yürütülebilmesi için, hem Tübitak'ın üniversitemizdeki Bilten birimi hem de ODTÜ'nin İnşaat Mühendisliği Su Kaynakları RS/GIS birimi gerekli donanım ve yazılımlarla donatılmıştır. NATO SfS programı çerçevesinde desteklenen bu proje ile METEOSAT ve NOAA 12 - 14 görüntüleri , saatlik ve günlük bazda uydu antenleri aracılığı ile alınıp 4 mm'lik DAT teyplere kaydedilmekte, buradan da CD-ROM'lara aktarılmaktadır.

Bu arada merkezimiz, işlenmiş SSM/I uydu görüntülerini de Amerika'daki Colorado Üniversitesinden (University of Colorado, USA) günlük/haftalık bazda CD-ROM ve/veya internet aracılığı ile alma girişiminde bulunmuştur.

Ayrıca, Avrupa Uydu Birliği (ESA) ile bir ek protokol hazırlanarak, ODTÜ ve DSI'nin ortak girişimleri ile Karasu'nun küçük bir alt havzasında (Tortum - Kırkgöze ) SAR 1 ve SAR 2 görüntülerinin uygulaması yapılacaktır. Bunun için hem ESA hem de Innsbruck Üniversitesi'nin

(Avusturya) Meteoroloji ve Jeofizik Enstitülerinden bilim adamları ile görüşmeler sürdürülerek bir çalışma programı hazırlanmaktadır.

### **Kar Erimesi - Akım Modeli ile ilgili Çalışmalar**

Kar erimesi - akım modelinin akış diyagramı Şekil 1'de verilmiştir . Uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri ve kar haritalarından yararlanılarak ilgili alanın açık, bulutlu ve sisli olma durumlarına bağlı olarak hem havzanın tümü hemde alt havzalara ait zaman - karla kaplı alan grafikleri yardımıyla konvansiyonel erime eğrileri çizilir. Bu eğrilerin altında kalan alanlar o bölgenin kar su eşdeğerini vermektedir. Bu arada bölgenin günlük sıcaklık ve yağış değerleri veri bankasında toplanır , model parametreleri ile entegre edilerek kar erime modeline günlük değerler olarak işlenir.

Modele bütün veriler girildikten sonra simülasyon işlemi gerçekleştirilerek akımların ön tahmini yapılır ve gözlenmiş akım verileriyle karşılaştırılır. Bu işlemde , değerlerin kalibrasyon yolu ile birbirlerine yaklaştırılması amacı ile modele duyarlı olan parametrelerin optimum bir şekilde bulunması sağlanır.

### **Sayısal Yükselti Modeli ile ilgili Çalışmalar**

Araştırma havzası Şekil 2'de görüldüğü üzere Keban barajına gelen Murat ve Karasu kollarından sadece Karasu kolunu kapsamaktadır.

Bu bölgenin sayısal yükselti modelini çıkarabilmek ve buradan akım yönlerini, havza sınırlarını ve akım birimlerini elde edebilmek için Arc/Info 7.0 yazılımının GRID modülü kullanılmış ve çeşitli çıktılar alınmıştır. Örnek olarak havzanın gölge haritası Şekil 3'te verilmiştir. Ayrıca yükselti haritası üzerine coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak kar gözlem istasyonları, akım rasat istasyonları ve nehirler işlenmiştir.

Arcview 3.0 programı yardımıyla , sayısallaştırılmış haritalardan eğim ve baki haritaları çıkartılmıştır. Ayrıca havzanın hipsometrik eğrisi (alan yüzdesine karşılık yükselti değerleri) bulunmuş ve tüm bu görüntülerin sayısal değerleri Karasu havzasının 2119 akım rasat istasyonunu baz almak üzere tablo olarak çıkartılmıştır (Bkz. Tablo 1) .

### **Havzanın Hidrolojik Karakteristiklerinin Belirlenmesi**

Havzanın hidrolojik karakteristiklerini belirlemek amacı ile 1974-90 yılları arasında tüm akım gözlem istasyonlarının , Mart-Haziran arası akım yükseklikleri tesbit edilmiş ve 1977-96 arası uzun süreli kar su eşdeğer miktarları Mart ayı itibari ile bölgedeki kar gözlem istasyonlarında bulunmuştur (Bkz. Tablo 2) . Buna göre yüksekliğe karşı kar su eşdeğerleri arasında doğrusal bir ilişki araştırılmıştır.

Gözlenen kar derinlikleri , yoğunlukları ve kar su eşdeğerleri 1997 su yılı itibari ile arazi çalışmalarından çıkartılarak tablosal dökümleri yapılmış buna göre kar derinliği ve yoğunluğunun özellikle Şubat , Mart ve Nisan 1997 itibari ile yüksekliğe göre değişimlerinin histogramları çizilmiştir. Bu çıktılar , bu tarihler arasında yüksek kotlarda ( 2200 m. ve daha yukarısı ) kar derinliğinin artıp , yoğunluk değerlerinin azaldığını göstermektedir (Bkz Şekil 4,5) . Bunun altındaki kotlarda yoğunluk artarken , buna bağlı olarak derinlik artmış veya aynı kalmıştır. Alçak kotlarda genelde eğim ve baki faktörlerinin erime ve/veya kar yığılmasında etken olduğu o tarihlerde alınan ve işlenen NOAA/AVHRR görüntülerinde de gözlenmiştir.

Yapılan arazi gözlemleri ve METEOSAT uydusundan elde edilen animasyon görüntüleri birbirleri ile karşılaştırılmış ve buna göre bölgenin bulutsuz olduğu günler tesbit edilerek , o günlere ait NOAA görüntüleri üzerinde çalışılmıştır. Bununla ilgili bir METEOSAT görüntüsü de örnek olarak Şekil 6'da verilmektedir . Bu görüntüde parlak alanlar bulutla kaplı bölgeleri , mat alanlar ise karla kaplı bölgeleri göstermektedir.

Bölgenin kısmen bulutla kaplı olduğu zamanlarda ise hem NOAA görüntüleri hem de coğrafi bilgi sistemleri karşılaştırılmalı olarak ele alınabileceği , tam bulutla kaplı zamanlarda ise aktif özel

mikrodalga (SSM/I) görüntülerinden yararlanılabileceği yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır (Bkz. Tablo 3).

## Sonuçlar

- Büyük dağlık bölgelerde, (Fırat nehrinin Karasu kolu) alansal kar dağılımının belirlenmesine dayalı uygulamalarda ve modellemelerde NOAA AVHRR uydu verilerinden yararlanılabilir.
- NOAA/AVHRR ile bulunan alansal kar verilerinin sayısallaştırılması ve uygulamaya konulması, donanım ve yazılım tekniklerindeki yeni gelişmeler ile daha da güncelleşmekte ve ucuza maledilmektedir.
- Uydu verilerinin ulusal koordinat sistemine göre referanslanması ve coğrafi bilgi sistemleri tekniklerinden yararlanarak sayısal yükselti modeli ile karşılaştırılması kolaylaşmaktadır.  
Örnek: Topografik sayısal veriler (yükseklik, bakı ve eğim) kar örtüsü ile karşılaştırılır ve yer gözlem istasyonlarıyla karşılaştırılır.
- NOAA AVHRR verilerinden yararlanarak kar derinlikleri sınıflandırılabilir ve yer gözlemleriyle birleştirilerek alt gruplara (az, orta ve derin) bölünebilir. CBS yardımıyla sadece açık ve bulutsuz günlerde değil, parçalı bulutlu günlerde de karın sınıflandırılması yapılabilir.
- NOAA/AVHRR verilerinin özellikle 1,3 ve 4 numaralı bantları seçilerek ve unsupervised sınıflama tekniklerinden (Iterative Self Organizing veri analizi) yararlanılarak kar-bulut ayrımı yapılabilir.
  - Band 1 -> Kar kalınlığı
  - Band 3 -> Geceleri bulutluluk oranı
  - Band 4 -> Gece/Gündüz bulutlu ve kar ile kaplı bölgeler
  - Band 3+4 -> Kar/Bulut ve sis ayrımı
- Bulunan bu alansal kar verileri zamansal boyutta incelenerek, kar birikme ve çekilme eğrileri elde edilebilir ve kar erime modellerine girdi olarak kullanılabilir.
- Büyük ölçekli yağış-akış modellerinde ve verilerin az olduğu bölgelerde METEOSAT verilerinden de yararlanılarak, sadece hava tahminleri değil, su kaynaklarının planlaması için uzun süreli akım verilerinin hesaplanması da yapılabilir.

**Tablo 1. Karasu havzasının hipsometrik , bakı ve eğim karakteristikleri**

**KARASU HAVZASI**

**Alan = 10144 km<sup>2</sup>**

**Hipsometrik Eğri Karakteristikleri**

<u>Alan (m.)</u>	<u>% Üzerindeki alan</u>
1200	100.0
1400	93.4
1600	83.8
1800	66.9
2000	47.2
2200	30.0
2400	17.1
2600	6.2
2800	1.2
3000	0.8
3200	0.2
3400	0.02

**BAKİ HARİTASI**

NE	9.2 %
N	12.8 %
NW	11.9 %
W	7.7 %
E	7.0 %
SE	2.0 %
S	14.0 %
SW	10.4 %
FLAT	16.1 %
<b>TOPLAM</b>	<b>100.0 %</b>

**EĞİM HARİTASI**

0-5 %	37.9 %
5-10 %	23.4 %
10-20 %	30.4 %
20-30 %	7.5 %
> 30 %	0.8 %
<b>TOPLAM</b>	<b>100.0 %</b>

Tablo 2. Karasu havzasının hidrolojik karakteristikleri

**HİDROLOJİK KARAKTERİSTİKLER**  
(Mart-Haziran)

<i>İstasyon No.</i>	EİE 2119	EİE 2151	EİE 2154	DSİ 21-01	EİE 2168	
<i>Yükseklik (m.)</i>	1129	1355	1675	1830	1945	
<i>Alan (km<sup>2</sup>)</i>	10356	8186	2886	233	52	
<b>Yıl</b>	<b>Akım derinlikleri (cm.)</b>				<b>% Yıllık</b>	
1974	14.1	13.6	13.2	20.6	25.8	
75	15.2	14.8	12.7	20.0	-	
76	23.8	24.6	21.7	30.1	42.7	
77	15.8	17.2	15.5	21.8	41.1	
78	19.1	19.6	17.9	26.3	35.6	
79 (Ort)	17.6	18.5	17.0	28.4	33.7	78 %
80	23.4	23.8	22.8	29.7	29.4	
81	17.8	18.5	16.5	22.4	36.7	
82	19.2	21.1	18.5	24.0	43.8	
83 (Min)	9.4	8.7	7.1	12.7	21.6	71 %
84	15.0	15.5	17.1	28.9	51.1	
85	11.4	11.3	15.9	24.1	31.0	
86	12.4	11.7	16.3	25.3	31.6	
87 (Max)	27.4	26.7	26.9	36.9	42.8	
88 (Max)	-	28.1	26.4	31.8	40.5	70 %
89	-	9.5	12.4	17.7	39.4	
90	-	17.6	17.0	28.6	24.2	
<b>Ortalama</b>	<b>17.2</b>	<b>17.7</b>	<b>17.7</b>	<b>25.5</b>	<b>34.0</b>	

	<u>Yükseklik (m.)</u>	<u>Uzun Süreli Mart Ayı KSE<sup>*</sup> (cm.)</u>	<u>PERİYOD</u>
Erzurum	1869 (DMI)	11.2	(1977-92)
Kop Kah.	1865 (EİE)	12.9	(1977-92)
Yesilyurt	1935 (EİE)	12.9	(1977-95)
Guzelyayla	2050 (DSİ)	16.7	(1977-96)
Senyurt	2190 (DSİ)	20.8	(1977-96)
Ispir	2300 (EİE)	24.2	(1980-92)
Kop Vadi	2400 (EİE)	26.8	(1977-92)

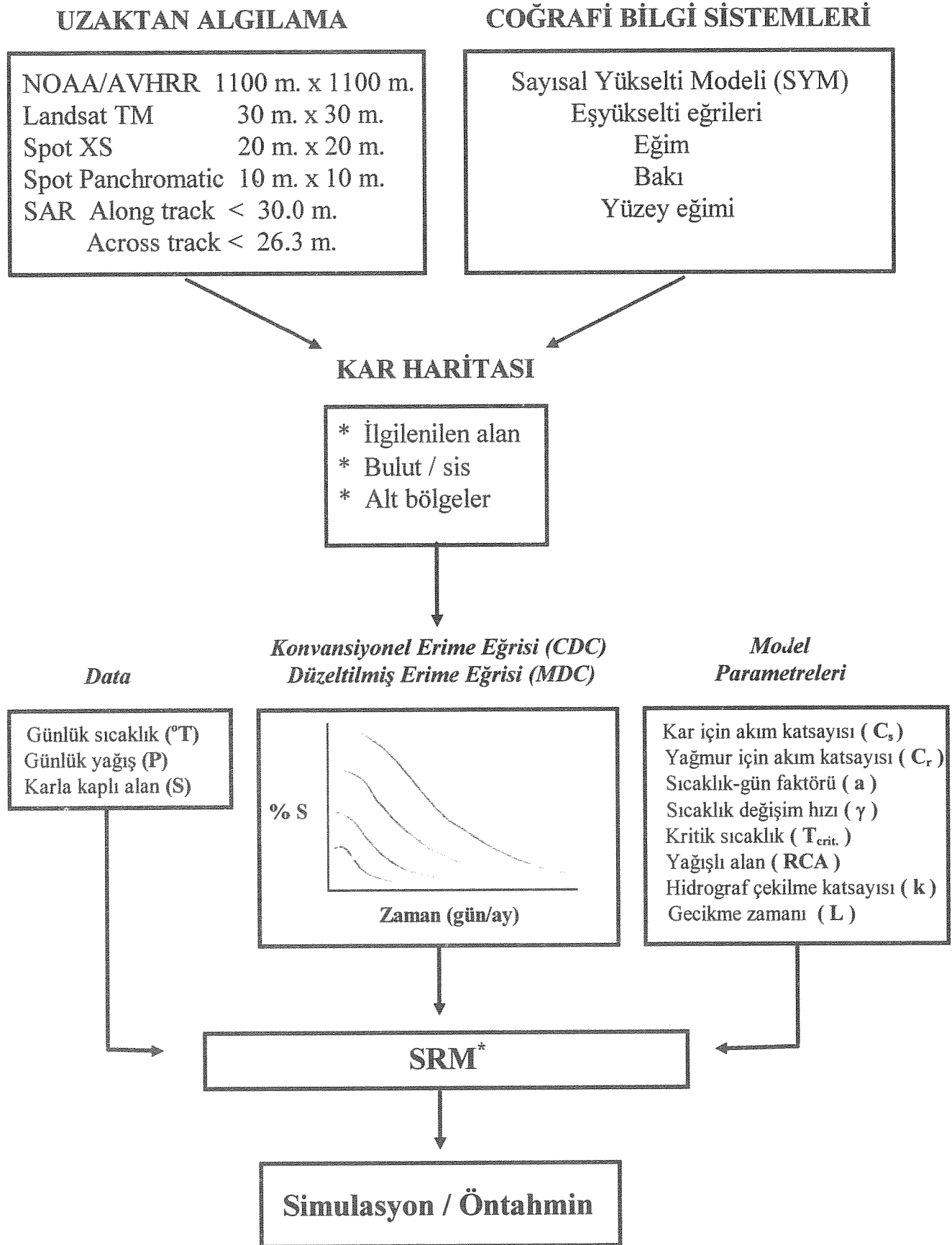
$$KSE^* = - 44.63 + 0.03 * (H) \quad r^2 = 0.999$$

\* KSE : Kar - su eşdeğeri

**Tablo 3.** Data Kaynağı ve Bulutluluk

Data Kaynağı	Bulutsuz	Kısmi Bulutlu	Tamamen Bulutlu
AVHRR	X		
AVHRR+GIS	X	X	
SSM/I	X	X	X

# SRM\* Modeli Kullanılarak Kar-Akım Simulasyonu/Öntahmini İçin Akış Diyagramı



Şekil 1. Snowmelt Runoff Model ( Kar Erimesi Akım Modeli)



- KARASU BASIN
- KARASU RIVER
- ✦ DAMS & LAKES
- GAP - Southeastern  
Anatolian  
Project

Şekil 2. Karasu Havzası



Şekil 3. KARASU havzasının gölge haritası

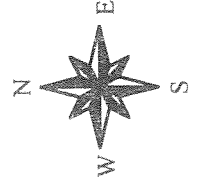


60

0

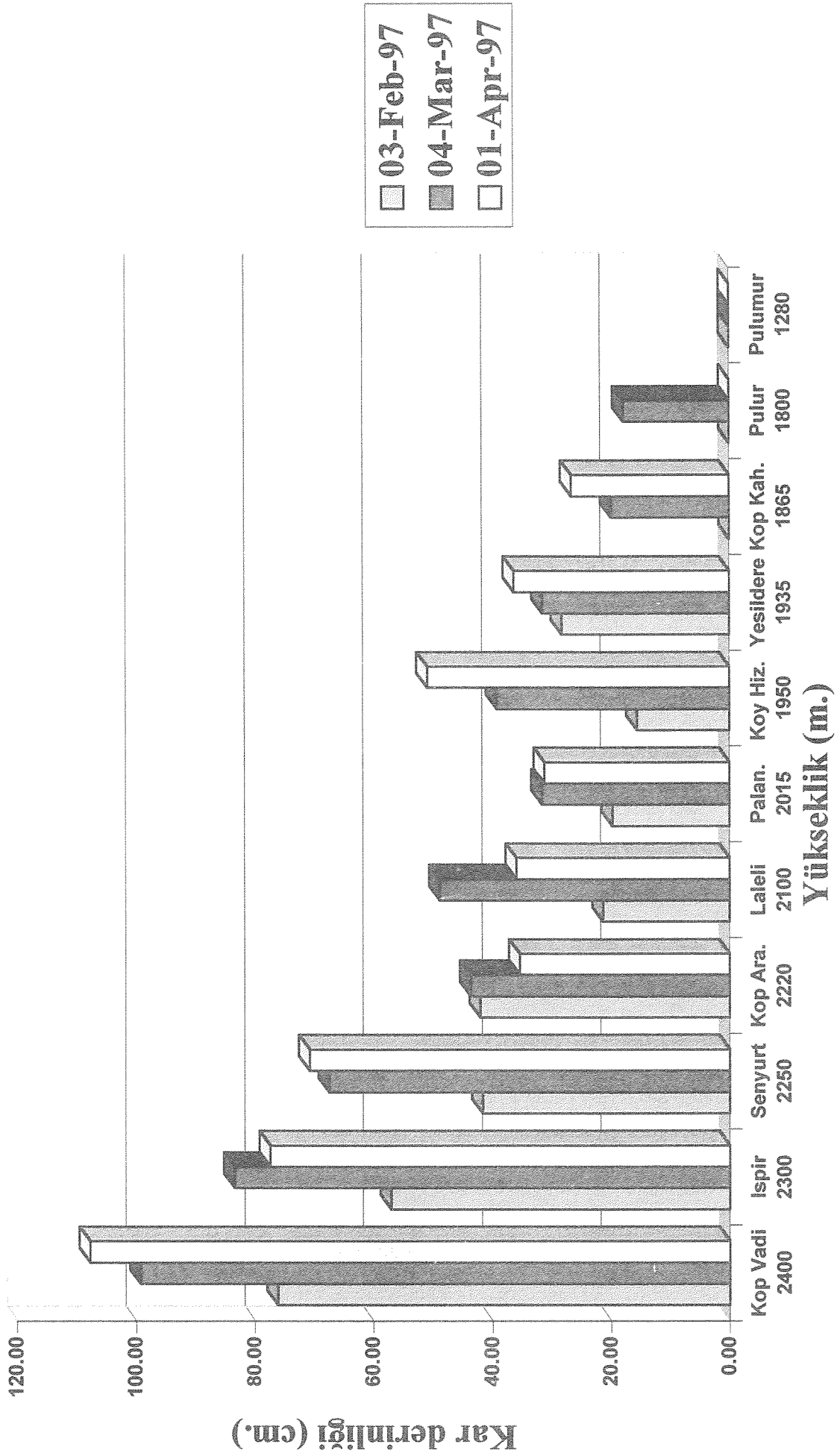
60

120 Kilometers



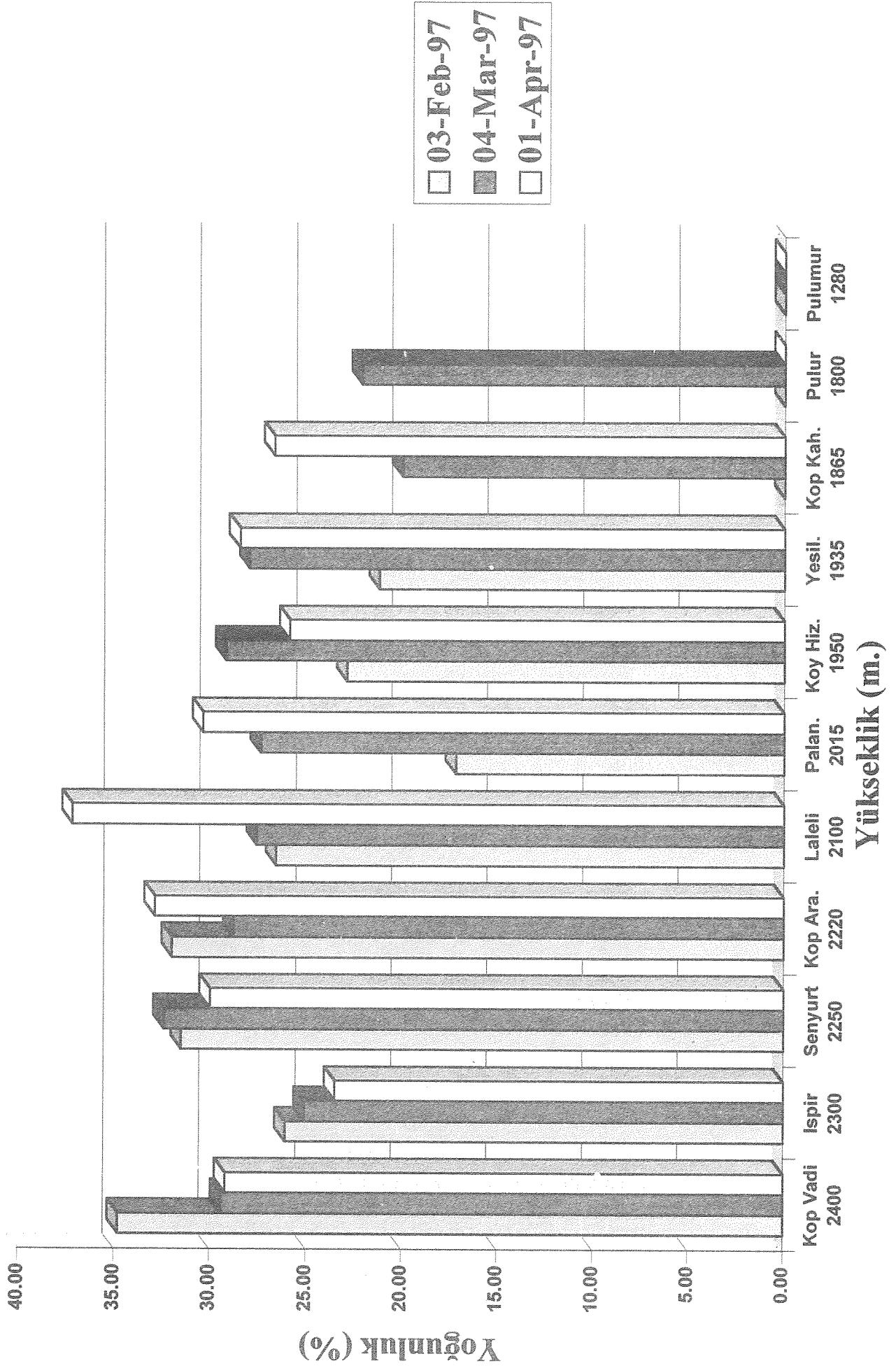
# Karasu Havzası

## Kar derinliği (cm.) vs Yükseklik (m.)



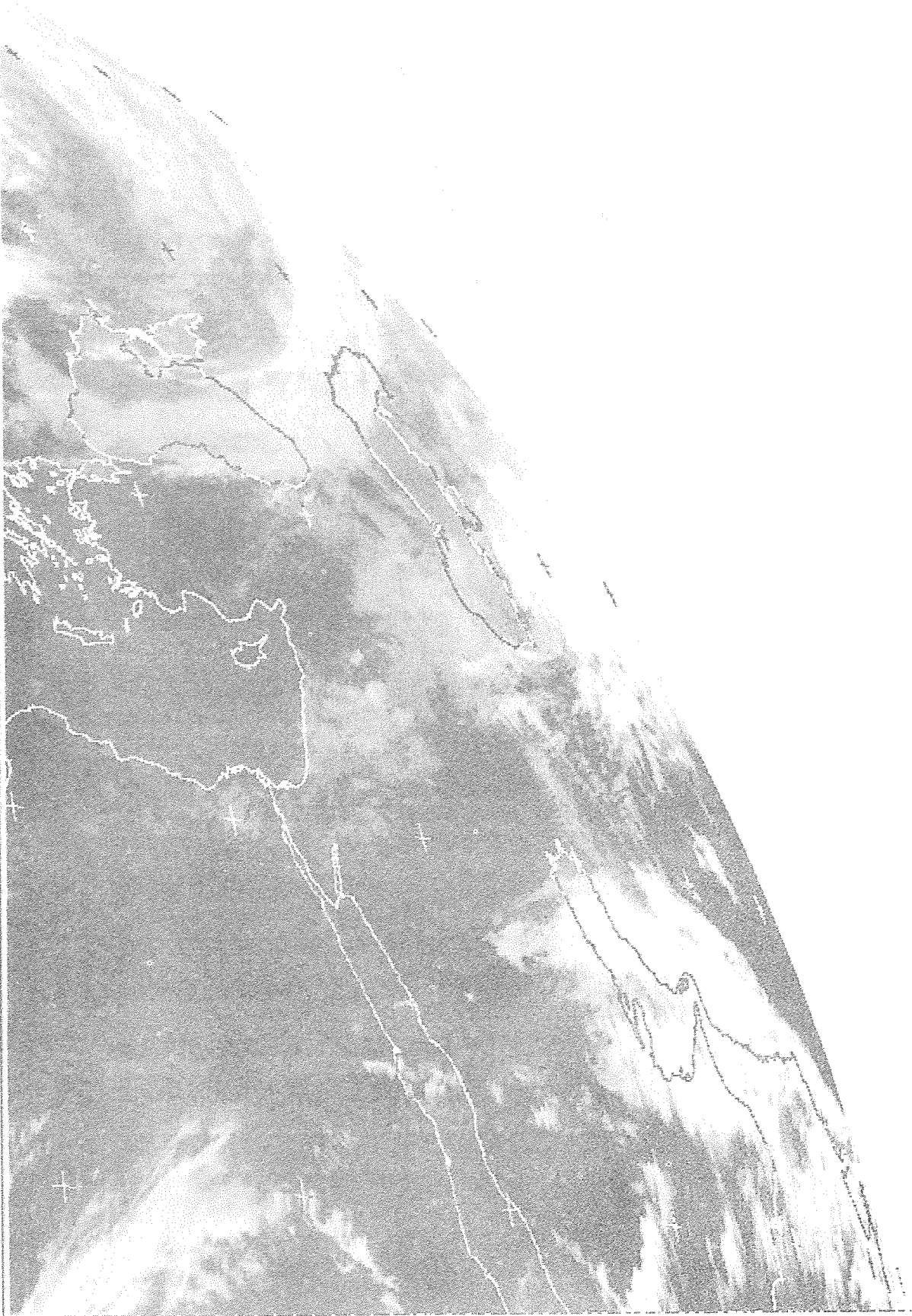
Şekil 4. Kar derinliği - yükseklik grafiği

# Karasu Havzası Yoğunluk (%) vs Yükseklik (m.)



Şekil 5. Yükseklik - Yoğunluk grafiği

MET6 04 MAR 1997 1030 IR1 D3



Şekil 6. 4.3.1997 tarihli METEOSAT görüntüsü