

## HAVA FOTOĞRAFLARI YARDIMİLE, ORMAN YOLLARININ PLÂNLANMASI<sup>1</sup>

J. M. REMEIJN

### 1. GİRİŞ

Ormanları daha etkili bir şekilde yönetmek ve bu alandaki doğal kaynaklardan daha fazla faydalanabilmek için, orman yol plânlarının çok dikkatli yapılması gerekir. Çalışacak işçiler, kullanılacak aletler ve ormandan çıkarılacak ürünler, yapılacak yollar sayesinde taşınabilecektir.

«Ormana Girme» sözcüğü çeşitli anlamlarda kullanılmaktadır.

— *Havadan* : Bir uçağa veya helikoptere binerek, orman üzerinde alçaktan uçmak, gözle veya çeşitli aletlerle inceleme yapmak.

— *Sulardan yararlanmak* : Irmaklar, kanallar ve göller, genellikle alçak arazilerde ve vadilerin içlerinde bulunurlar. Motorlu ve motorsuz kayıklarla, bu suların üzerinde her çeşit taşıma yapılabilir. Tomruklar yüzdürülerek taşınabilir. Yüzdürme tek tomruk halinde olabileceği gibi, sal şeklinde de olabilir. Tomruklar ırmaklarda yüzdürülerek taşınırken, daima akıntı istikametinde götürülürler. Bu esnada herhangi bir kayığın veya motorun yukarıya doğru gitmesine olanak yoktur, taşıma tek yönlü hale dönüşür. Bu sebepten, su ile taşımamanın, yılın belirli günlerinde yapılması gerekir.

— *Hava Hatlarıyla* : Hava hatlarıyla iniş aşağıya taşıma yapılabildiği gibi yokuş yukarıyada yapılabilir.

— *Dekovil ile* : Dekovil az eğimli arazide kullanılabilir, çok eğimli yamaçlara çıkamaz.

— *Karayolu şebekesi* : Bir ormanı işletmeye açmak için, her çeşit olanak ancak karayolu şebekesi ile sağlanabilir. Bu yöntem, diğerleri kadar arazinin topografik yapısına bağlı değildir. Ormandan çok yönlü faydalanma, kontrol, silvikültürel çalışma, taşıma, yangınlarla savaş, piknik alanlarından faydalanma ve haberleşme işleri, karayolu şebekesi sayesinde en iyi şekilde yapılabilir.

### 2 — Karayolu Şebekesile Ormanın İşletmeye Açılması

Bir ormanı işletmeye açmanın ve ürünleri ormandan çıkartmanın en kolay şekli, karayolu şebekesinden faydalanmaktır. Bu sebeple, ormanda kurulacak yol şebekesi çok önemlidir. Tomrukların üretilmesi ve taşınması, orman işletmesinde maliyeti yükselten en önemli 4 etken arasında bulunmaktadır. (FAO 1976).

a — Ağaçların kesilmesi ve tomruklanması çevre koşullarına (hava koşulları, altta gençlik veya çalılık bulunması, kullanılan aletler) ve ağaçların büyüklüğüne göre çok değişir. Toplam giderin % 2-13 ü kesim ve tomruklamaya gitmektedir.

b — Tomrukların ormandan çıkarılması, toplam giderin % 16-48 ini tutmaktadır. Bu giderin içersine, tomrukların bölmeden atla, traktörle sürütülerek veya hava hatlarıyla taşınarak çıkarılması girmektedir. Bu bölüme giren harcamalar, kesilen ağaçların sıklık derecesine ve arazi koşullarına (eğim, toprak tipi, ormandaki alt tabakanın durumu, arazinin bataklık veya taşlık olması) bağlı olarak değişmektedir.

c — Şebeke planlarının düzenlenmesi ve yolların yapılması, toplam giderin % 7-34 ünü tutmaktadır. Bu gider yamaçların eğimine, toprak tipine ve yolun çeşidine göre değişmektedir.

d — Kamyonla yapılan tomruk taşıması, toplam giderin % 20-75 ini bulmaktadır.

Tomruk ve odun maliyetinin önemli bir bölümünü taşıma ücretleri oluşturduğundan, yol planlaması ve yapımı konularına önemle eğilmek gerekmektedir. Orman yolları genellikle 3 gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar şunlardır :

— «*Yılın Belirli Günlerinde Kullanılabilen veya Kuru Havalarda Kullanılabilen*» yollar : Bunlar genellikle üzerinde sürütme ve kaydırma yapılan yollardır. Kesilen ağaçlar önce bu yollar üzerinde taşınarak, normal yollara ulaştırılır. Bir bölmedeki kesim ve taşıma işleri tamamlanınca, bu yolların görevleri de sona erer.

— *Üzerinde traktör ve küçük kamyonlarla taşıma yapılan toprak yollar* : Bu yollarda da gene kuru havalarda taşıma yapılır. Sürütme yolları ile bölme kenarına çıkarılan ürünler, bu yollar üzerinde taşınarak, ana yolların kenarındaki depolara getirilir.

— *Üzerinde yılın her mevsiminde taşıma yapılan geniş yollar* : Bu yollarda büyük kamyonlar çalışır ve tomrukları, şehirleri birleştiren ana yollara çıkartır, buradanda orman ürünü işleyen fabrikalara veya demiryolu istasyonlarına götürürler.

Orman yollarının sıklığı, uygulanan işletme yöntemine, ağaç türlerine, yaş sınıflarına, tomruk özelliklerine ve bunların orman içindeki dağılımlarına göre değişmektedir. Arazi şekli de yol sıklığını etkilemektedir. Arazinin çok arızalı olması, drenaj şekli, yamaçların eğim derecesi, yol şebeke plânını etkilemektedir.

Yol sıklığı ormanın ve üzerinde bulunduğu arazi parçasının özelliklerine uygun olmalıdır. Hindistan ormanlarında, ortalama olarak bir hektara 3,5 m. yol isabet etmektedir. Bu rakkam oldukça yüksek bir yol sıklığını göstermektedir. Fakat yolların büyük çoğunluğu, büyük yerleşim alanlarının çevresinde toplanmıştır. Geniş

<sup>1</sup> Bu yazı, «Forest road plannig from aerial photographs» başlığı ile 1978 yılında Freiburg şehrinde yapılan ISP+IUFRO Simpozyumuna bildiri olarak sunulmuş, daha sonra Hollandada bulunan «International Institute for Aerial survey and Earth Sciences» (ITC tarafından yayımlanan (ITC Journal) isimli derginin 1978-3 nolu sayısında yer almıştır. Yazı I.Ü. Orman Fakültesi, Geodezi ve Fotogrametri Kürsüsünde Prof. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU tarafından dilimize çevrilmiştir.

Cetvel No: 1

Bir orman işletmeye açılırken göz önünde tutulması gereken özellikler

A	Amaçlar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. İşletme, Denetim, Envanter, zararlı etkenlerin önlenmesi</li> <li>2. Birim alandan daha fazla ürün alma</li> <li>3. Ürünlerin şehirlere taşınabilmesi, işçilerin ve halkın gelip gidebilmesi için, ormanın her parçasının ülkenin yol ağına bağlanması</li> </ol>
B	Bilgilerin Toplanması	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Topografik haritalar ve havadan çekilen fotoğraflar</li> <li>2. Yönetim ve iş planı (Ağaç türlerinin ve yaş sınıflarının dağılışı)</li> <li>3. Plana uygun olarak yapılacak tomruk taşımasının maliyeti</li> <li>4. Turizm bakımından kıymetli yerler (Manzaralı tepeler, kamp kurmaya elverişli alanlar)</li> </ol>
C	Ormana yaklaşma şekli	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Havadan - Uçakla, şeritler halinde orman taranır ve önemli görülen noktalar helikopterlerle incelenir. Denetim ve ulaşım olanakları çok güç olan ormanlarda bu yöntem uygulanır, denetim ve ulaşım havadan yapılır.</li> <li>2. Su yolu ile - Tomruklar ırmaklarda ve göllerde yüzdürülerek taşınır.</li> <li>3. Demiryolu ile - Düz arazide tomruklar dekovillerle taşınır</li> <li>4. Karayolu ile - Her çeşit arazide, tomruklar, diğer ürünler ve insanlar, karayolu ile taşınabilir.</li> </ol>
D	Yolun tanıtımı	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Taşıma bakımından önemli noktaların yollarla birleştirilmesi (Kesim alanı, tomruk istif yeri, hızar, demiryolu istasyonu, yangın gözetleme kulesi, güzel manzaralı tepeler, kamp alanları)</li> <li>2. Yol çeşitleri: Her mevsimde açık yollar Kuru mevsimlerde açık yollar Kısa süreli açık yollar</li> <li>3. Yol sıklığı: Amaca, topografik yapıya ve yol yapım masrafına bağlı olarak değişir</li> <li>4. Yapım özellikleri: Eğim, yol genişliği, kavis yarıçapları, yol yüzeyi ve taşıma gücü.</li> </ol>

alanları kaplayan ormanlar, yol azlığı dolayısıyla işletmeye açılmamaktadır. (Chandra 1976) Avusturyanın Kobernausser isimli ormanında çok sık bir yol şebekesi kurulmuştur ve entansif işletme yöntemleri uygulanmaktadır. Bu ormanda, yılın her mevsiminde açık olan yolların sıklık derecesi, hektarda 30-35 m. yi bulmaktadır. Hindistan ve Avusturya ormanları yol sıklığı bakımından, karşıt kutuplar durumundadırlar.

Yol yapımında göz önünde bulundurulması gereken sınırlayıcı etkenler şunlardır: Yolun en büyük eğimi, kavis yarıçapı, yol genişliği ve yolun taşıma gücü. Bu sınırlayıcı değerlerin hepsi, yollardan daha fazla faydalanmayı sağlamak gayesiyle konulmuştur. (Samset 1967) Uzun taşıt araçlarının çalıştığı düz arazilerde, kavis yarıçapı 40 m. den daha az alınmamalıdır. Çok eğimli arazilerde bu yarıçap 25 m. ye kadar indirilebilir.

Yola verilecek en büyük eğim yapılacak taşımanın özelliklerine göre çok değişir. Boş bir traktör, % 40 eğimli bir yamaç üzerinde yukarıya doğru sürülebilir. Fakat yüklü bir traktör veyahut tomruk sürükleyen bir traktör % 20 veya 25 den daha fazla eğimli bir yamaça çıkamaz. Yola verilecek en büyük eğimin sınırı, topografin cinsine göre saptanır. Avusturyanın erozyon tehlikesi olan yörelerinde en büyük yol eğimi % 12 alınmaktadır. Kıbrısta ise bu sınır değer % 8 dir.

### 3 — Fotoğraf Yorumlama

Yol plânları yapılırken daima topografik haritalardan faydalanılır. Bu haritaların yanısıra, hava fotoğraflarından da yararlanılması, ısrarla önerilmektedir<sup>2</sup>. Topografik haritada bulunmayan bir çok bilgi, hava fotoğraflarında bulunmaktadır. Toprak tipi, drenaj sisteminin özellikleri, bataklıklar, göçme olasılığı bulunan yerler kayalık alanlar, dik yamaçlar, yüksek voltajlı elektrik telleri, binaklar ve bunlara benzeyen daha bir çok obje, topografik haritada bulunamayabilir fakat fotoğraflarda görünür. Fotoğrafların sağladığı bu avantajlardan faydalanmamak büyük bir eksikliktir. Eğitilmiş bir fotoğraf yorumcusu, yol plânlamasında çalışan kimselere, arazinin kullanış şekli ve ormanın özellikleri hakkında, çok faydalı bilgiler verebilir. Ayrıca, yol yapımında kullanılacak malzemenin, örneğin çakıl taşlarının nerede bulunabileceğini köprü kurmaya elverişli yerlerin nereler olduğunu söyleyebilir. Yol plânlamasının ilk kademesinde, fotoğraflardan yararlanmanın önemi çok büyüktür (Hallert Waelti 1970).

2 nolu cetvel, bir yol plâni yapılırken, hangi özelliklerin araştırıldığını ve çalışmanın hangi kademelerden geçtiğini göstermektedir. Cetvelde temel bilgilerden başlanarak, küçük ve büyük ölçekli fotoğrafların yorumlanmasiyle elde edilen ayrıntılara kadar her çeşit bilginin, nerelerden elde edilebildiği ve son kademeye kadar nasıl geldiği görülmektedir.

Küçük ölçekli fotoğraflar (1/30 000 - 1/50 000), yolun kabaca nerelerden geçebileceğini saptamakta kullanılır. Bu fotoğraflar üzerinde bir kaç yol saptanır ve birbirile kıyaslanarak herbirinin faydalı ve sakıncalı yönleri ortaya çıkartılır. Sonun-

<sup>2</sup> Yol plânlama gruplarında çalışan arkadaşlarımız, genellikle 1/25 000 ölçekli topografik haritalardan faydalanmaktadırlar, hava fotoğraflarını kullanmamaktadırlar. Amenajman gayesiyle çekilen 1/15 000 - 1/20 000 ölçekli hava fotoğraflarından yararlanmaları kanımızca büyük bir eksikliktir. 1/25 000 ölçekli haritalarda bulunmayan bir çok bilgi, bu fotoğraflardan alınabilir. Yazıda bu bilgilerin neler olduğu açıklanmaktadır (Çeviren).

Cetvel No: 2

Yol plânlamasında yapılan işlerin sırası

A	Topoğrafik haritalar bulunduğuna göre.	1. İşletmeye açılacak bölge harita üzerinde belirtilir 2. Yolun uğraması gerekli olan noktalar haritaya işaretlenir 3. Arazi şekilleri incelenir 4. Küçük ölçekli hava fotoğraflarının haritadaki yerleri belirtilir.
B	Küçük ölçekli hava fotoğraflarının incelenmesi ve yorumu	1. Topoğrafik durum — Arazi şekli, drenaj sistemi ve yüzeyin pürüzlülük derecesi 2. Toprak özellikleri — Toprakdaki doğal olaylar (fizyografi), toprak tipleri ve taşıma kapasitesi, çakıl ve kum gibi malzemelerin bulunduğu yerler.
C	Ölçeği orta büyüklükte olan bir ortofota harita yapılır ve üzerine yatay eğriler çizilir. Bu yapılmazsa bir foto-mozaik yapılır.	3. Bitki örtüsü — Arazi kullanma şekli ve taşınmaz malların sınırları 4. Ormanlar — Ormanla kaplı alanlar, ağaç türlerinin karışım şekilleri, yaş sınıfları ve servet durumu
D	Fotoğrafların incelenmesi ve önemli noktaların işaretlenmesi	1. Uğranılması gerekli noktalar ve yolun geçmesi zorunlu olan yerler : Yolun baş ve son noktaları, köprü yapılabilecek yerler, dağların geçit verdiği noktalar, kesim yapılacak bölmeler, ara depolar, hızarlar, yangın gözetleme yerleri, kamp alanları, güzel manzaralı yerler 2. Yol yapımını zorlaştıran alanlar : Bataklıklar, sel basma olasılığı bulunan yerler, gevşek topraklar ve göçme olasılığı bulunan yerler, korunmaya ayrılan alanlar (doğal korunma alanları), yol yapımını zorlaştıran diğer engeller (Elektrik telleri, kayalıklar, binalar ve benzerleri)
E	Yolun geçebileceği arazilerin incelenmesi ve saptanan arazi bantları arasında en uygun olanının seçilmesi	1. Yolun geçebileceği arazi bantlarının, topoğrafik harita üzerine işaretlenmesi 2. İşaretlenen bantlara ait, boyuna kesitlerin kabaca çizilmesi 3. Geçilmesi zor olan yerlerin incelenmesi 4. Yapılabilecek yolların her birine ait maliyet hesaplarının çıkarılması 5. Yapılabilecek yolların en ekonomik olanının aranması ve bulunması 6. En uygun yolun seçilmesi 7. Kararlaştırılan yolun, arazide incelenmesi

F	Yol yapılacak araziye ait büyük ölçekli hava fotoğraflarından faydalanılarak yapılabilecek işler	1. Yolun uğraması zorunlu olan noktalar ve geçilmesi güç olan yerler 2. Topoğrafik özellikleri saptamak gayesile fotoğrafların incelenmesi ve yamaç eğimlerinin ölçülmesi 3. Yol ekseninin kabaca saptanması 4. Yol ekseninin fotoğraflar üzerine çizilmesi
G	Ortofoto harita üzerine yol ekseninin çizilmesi	1. Yolun boyuna kesitinin çizilmesi 2. Yol enine kesitlerinin incelenmesi
H	Arazide dikkatli bir kontrol ve büro çalışması	1. Kararlaştırılan yol ekseninin araziye uygulaması 2. Saptanan eğimlerin, çizilen enine kesitlerin, yapılmaması kararlaştırılan köprü yerlerinin ve diğer engellerin arazide incelenmesi 3. Toprağın taşıma gücünün araştırılması (arazide ve laboratuvarında) 4. Dolgu ve kazı hacimlerinin bulunması

da yapılması en uygun olan bir veya iki yol bulunur. Yapılması uygun görülen yollara ait daha ayrıntılı bilgi toplamak gayesile, büyük ölçekli (1/10 000 - 1/15 000) fotoğraf çekilir. Bu fotoğrafların kararlaştırılan yolu kapsıyacak genişlikde ve uzunlukta olması gerekir. (Pryor 1960). Topoğrafik bilgiler elde edebilmek için, fotoğrafları yorumlarken arazi eğimlerini de ölçmek gerekir.

#### 4 — Topoğrafik Yapı

Topoğrafik haritalar ve hava fotoğrafları üzerinde yapılan yol plânlama çalışmalarının ilk kademesi, sonunda, geniş bir bant elde edilir. Yapılacak yolun baş, son ve uğraması zorunlu ara noktaları, bu bantın içersinde bulunur. Bulunan bant, topoğrafik yapı bakımından sınıflara ayrılabilir. Yamaçlar, eğim bakımından şu şekilde 3 sınıfa ayrılırlar.

-- Düz araziler, eğimleri % 5 den daha azdır. Yol yapımı için toprak kazmaya ve taşımaya fazla gereksinme duyulmaz.

— *Az eğimli araziler* : eğimleri % 5 - 15 arasındadır. Yol yapmak için küçük çapta kazı ve dolduru yapma zorunluğu vardır. Bu özellik yol yapım masrafının artmasına sebep olur. Yapılması kararlaştırılan yolu, eğimli araziden kurtulmak gayesile değiştirmek asla doğru değildir.

— *Çok eğimli araziler* : eğimleri % 15 den daha fazladır. Bu arazilerde yapılan yollar, az çok yatay eğrilere paralel giderler. Aksi halde, yol için kabul edilen en büyük eğimi aşmak zorunda kalırlar.

Topoğrafik harita üzerinde yapılan çalışmalarla, yamaçların bu eğim sınıflarından hangisine girdiği saptanabilir. Harita üzerinde işaretlenen yamaçların hava fotoğraflarındaki karşılıkları bulunur ve ayrıntılı bilgi elde etmek gayesiyle incelenebilir. Topoğrafik harita bulunmayan yerlerde, yol plânlama çalışmalarını yapabilmek gayesiyle, topoğrafik harita yapmaya kalkışmak doğru değildir. Büyük ölçekli hava fotoğrafları üzerinde çalışılarak, yamaç eğimleri saptanabilir.

### 5 — Hava Fotoğrafları Üzerinde Yamaç Eğiminin Ölçülmesi

Böyle bir ölçmeyi yapabilmek için Aynalı Stereoskop, Paralaks Kaması ve bir Şeffaf kağıt gereklidir. Yamacın eğimini bulabilmek için, noktalar arasındaki kot farkını veren formülün yamacın yatay uzunluğuna bölünmesinden elde edilen şu formül kullanılır : (Stelling Werf 1966)

$$\text{eğim } G = \frac{c}{d} \cdot \frac{100 d_p^{(1)}}{P_a + d_p} \quad (1)$$

Formül içerisindeki değerler şunlardır :

$c$  = Fotoğrafların çekiminde kullanılan makinenin odak uzunluğu (mm)

$d_p$  = Yamacın iki ucundaki noktalara ait paralaks farkı (mm)

$P_a$  = Yamacın alt ucuna ait mutlak paralaks Stereoskopik model üzerinde ölçülür.

$d$  = Yamacın iki ucu arasındaki yatay uzaklık. Bu değer Radyal nirengi ağının ölçeğine göre hesaplanır.

Çok kısa ve az eğimli yamaçların yatay uzunlukları, doğrudan doğruya hava fotoğraflarının üzerinde ölçülerek bulunabilir. Uzun veya çok eğimli yamaçların yatay uzunlukları, fotoğraflar üzerinde ölçü yapılarak bulunamaz. Çünkü, fotoğraf-

1) Paralaks farkı ölçerek kot farkını bulmak için

$$dh = \frac{H \cdot D_p}{P_a + d_p}$$

formülünden yararlanılır.

Bu değer, eğim formülü

$$G = \frac{dh}{D} \cdot 100$$

de yerine konulursa

$$G = \frac{100}{D} \cdot \frac{H \cdot d_p}{P_a + d_p}$$

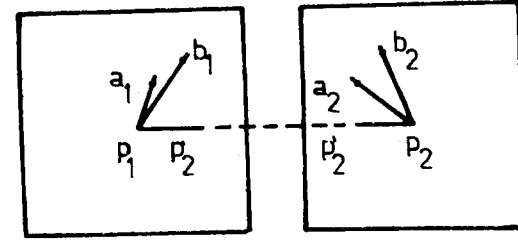
bulunur. Buradaki  $D$  arazideki yatay uzunluğu göstermektedir. Bunun fotoğraftaki karşılığı  $d$  dir. Fotoğraf ölçeği  $1/m$  olduğuna göre  $D$  yerine  $d \cdot m$  yazılabilir.

$$G = \frac{100}{d \cdot m} \cdot \frac{H \cdot d_p}{P_a + d_p} \quad \text{bulunur.} \quad \frac{1}{m} = \frac{c}{H} \quad \text{veya } H = c \cdot m \quad \text{dir yerine konulursa}$$

$$G = \frac{c}{d} \cdot \frac{100 \cdot d_p}{P_a + d_p} \quad \text{bulunur.}$$

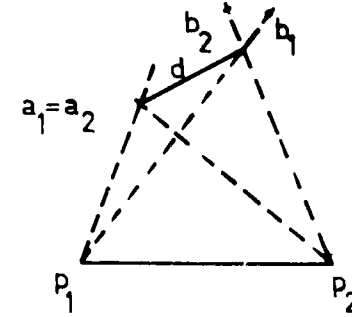
(Çeviren)

lardaki radyal kaymalar, bu şekildeki ölçülerin hatalı sonuç vermesine sebep olur. Stereoskopik görüntü radyal kayma sayesinde elde edilmektedir. Yamacın 2 ucu ile fotoğraf merkezleri birer üçgen meydana getirir (Şekil No: 1).



ŞEKİL NO: 1

Stereoskopta incelenen bir çift hava fotoğrafı,  $P_1$  ve  $P_2$  noktaları fotoğraf merkezlerini göstermektedir.  $a$   $b$  noktaları eğimi ölçülecek yamacın alt ve üst noktalarıdır.



ŞEKİL NO: 2

Yamacın yatay uzunluğu  $d$  değerinin nasıl bulunduğunu gösteren şekil  $P_1$  ve  $P_2$  noktaları arasındaki uzaklık, baz uzunluğu  $P_a$  dir.

Bu üçgenlerden yararlanılarak, radyal kayma yok edilebilir. Üçgenlerden nasıl yararlanacağı şeklin altında açıklanmıştır. 2 nolu şekil üzerinde ölçülerek bulunacak olan  $d$  uzunluğu,  $a$  noktasına ait fotoğraf ölçeğinin paydası ile çarpılır ve arazideki yamaç uzunluğu bulunur.

### 6 — Yol Ekseninin Saptanması

Hava fotoğraflarında genellikle bir eğrilik bulunur. Doğrultmaç aletlerinden faydalanılarak eğikliğin giderilmesi ve yol ekseninin, eğikliği giderilmiş fotoğraflar üzerinde saptanması uygundur. Fakat yol ekseninin fotoğraflar üzerinde saptanması genellikle, gelişmekte olan ülkelerde veya yörelerde yapılan bir iştir. Buralarda çekilen fotoğrafların düşeye döndürülmesi için gerekli işleri yapmak zor olmaktadır. Bu sebeple az eğimli fotoğrafları, düşey fotoğraf olarak kabul etmek yol eksenlerini bunlar üzerinde saptamak daha uygun olmaktadır. Böylelikle sıhatten biraz fedakârlık edilerek sürat sağlanmaktadır.

Büyük ölçekli fotoğraflarda, araziye ait çok ayrıntılı bilgiler bulunur. Yol eksenlerinin bu fotoğraflar üzerinde saptanması çok daha uygun olur. Örneğin küçük ölçekli fotoğrafta kayalık arazi kayalık olmayandan ayırt edilemez. Yapım harcamalarının az olması için, yolun kayalık olmayan arazilerden geçirilmesi gerekir. Bunun için de büyük ölçekli fotoğraflardan yararlanmak gerekir. Büyük ölçekli fotoğraf, inşaat esnasında karşılaşılabilecek güçlükleri gözler önüne serer. Düz veya düze yakın arazilerin, büyük ölçekli fotoğrafları çekildiği takdirde, yolun nerelerden geçeceği, kabaca, fakat kolaylıkla saptanabilir. Bu fotoğraflar üzerinde yolun baş ve son noktaları bir doğru ile birleştirilirse, yolun genel durumu elde edilir. Gerekli görülen yerlerde, örneğin kayalığın veya bataklığın çevresini dolaşmak gayesiyle, genel çizgiden ayrımlar yapılabilir.

Tepelik arazilerde yolun baş ve son noktalarını birleştirerek yol eksenini saptamak asla doğru değildir. Örneğin, bir tepenin üstüne çıkarak arka yüzüne geçmekdense, çevresini dolaşmak çok daha doğrudur ve daha ucuzdur. İki noktayı birleştiren yol, çeşitli yerlerden geçirilerek yapılabilir. Bunların herbiri için, yapım, taşıma, yükleme ve boşaltma giderlerini hesaplamak gerekir. Bu hesapların sonunda hangi yolun ormandaki taşımalar için daha ekonomik olacağı ortaya çıkarılır. En ekonomik yolun bulunması, oldukça uzun bir çalışmayı ve araştırmayı, hatta tartışmayı gerekli kılar.

#### 6.1. Arızalı Arazilerde Yapılan Yolların Eğimleri

Yolların geçeceği yerleri saptamak için genellikle, büyük ölçekli ve yatay eğimleri arasındaki yükseklik farkı az olan topoğrafik haritalardan yararlanır. Yapılacak yola ait en büyük eğim, arazi koşullarına ve kullanılacak taşıt aracına göre saptanır. Avusturyada en büyük eğim, arazi koşullarına göre % 12 Kıbrısta ise % 8 alınmaktadır. Kıbrıs'daki arazinin toprak erozyonuna karşı hassas olması, yol eğiminin küçük tutulmasını zorunlu kılmaktadır.

Bir yolun eğimi, yükseklik farkının yatay uzunluğa bölünmesiyle bulunur.

$$G = \frac{dH}{D}$$

formülü kullanılır.

Büyük ölçekli topoğrafik haritaların bulunmadığı yerlerde, yolların eğimi hava fotoğraflarından faydalanılarak bulunabilir. İki nokta arasındaki yükseklik farkı, paralaks farkı ölçülerek bulunur. Yatay uzaklık da, fotoğraflar üzerinde uzunluklar ölçülerek bulunur.

1 nolu formül yardımıyla bulunan değer 100'e bölünürse eğim oranı olarak

$$G = \frac{c}{d} \cdot \frac{d_p}{p + d_p} \quad (2)$$

bulunur.

Bu formül, saptanmış yol eksenlerinin çeşitli parçalarının eğimlerinin bulunmasında kullanılır. Yolun çok dik olan kısımlarının eğimi bu formül ile bulunamaz. Diğer bir deyimle, bu formül saptanmış yol eksenlerinin, çok eğimli olmayan kısımlarında, eğim kontrolü yapmaya yarar. Bu formül yardımıyla eğimi bulunacak yol parçasının uzunluğunun, hava fotoğrafı üzerinde hatasız olarak ölçülecek uzunluktan daha büyük olmaması gerekir. Aksi halde fotoğrafın sağlıyacağı faydalar tamamıyla yok olur.

Çok zaman yamaçların eğimi, istenilen doğrultuda bir yolun yapılmasına olanak vermez. Düşünülen yolun yapılabilmesi için, kabul edilen en büyük eğim sınırını aşmak gerekir. Hava fotoğraflarından yararlanarak yol ekseninin geçeceği yerleri saptamak gayesiyle, yeni bir yöntem geliştirilmiştir. (Remeijn 1969). Bu yeni yöntemin dayandığı temel bilgi, topoğrafik harita üzerinde yol eksenini saptamak gayesiyle yapılan aynıdır. Topoğrafik harita üzerinde çalışılırken, uygulanacak eğime ait pergel açıklığı hesaplanmakta ve yatay eğriler kesilerek yol eksenini bulunmaktadırlar. Yeni yöntemde, orta veya büyük ölçekli hava fotoğraflarından yararlanılmaktadır. Paralaks farkından faydalanılarak, Stereoskopik model üzerinde, yatay eğrilere ait noktalar bulunur ve bunlar yardımıyla yol eksenini saptanır.

Fotoğraf ölçeği arazinin kotuna bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple, paralaks farkından yararlanarak kot farkı ölçme işi, birbirine yakın noktalar arasında yapılmamalıdır. Paralaks farkını gösteren  $dp$  değeri, mutlak paralaks  $P$  ile kıyaslanınca çok küçük kahrırsa, yukardaki formülün paydasından atılabilir. Az eğimli yollarda  $dp$  küçük olduğundan atılır ve yukardaki formül

$$G = \frac{c}{d} \cdot \frac{dp}{P} \quad (3)$$

şekline girer. Buradan

$$dp = \frac{P \cdot d \cdot G}{C} \quad (4)$$

bulunur.

Belirli bir eğim için, saptanacak noktalar arasındaki yükseklik farkının ve uzaklığın değişmeyeceği düşünülürse, bu formülde  $dp$ 'nin  $P$  değişkenine bağlı bir fonksiyon olduğu sonucuna varılır.  $P$  değeri, arazinin yüksekliğine bağlı olarak küçük değişmeler gösterir. Küçük mesafelerde  $P$  değerinin değişmediği aynı kabul edilebilir.

Bir örnek olarak, odak uzaklığı 150 mm. olan makine ile çekilen, kenarları 23 cm ve boyuna örtme oranı % 60 olan 1/10 000 ölçekli fotoğraflar üzerinde bir yol ekseninin nasıl saptanacağını görelim. Yolun başlangıç noktasının mutlak paralaksı 91,2 mm. Yapılacak yolun eğimi % 8, saptanacak noktalar arasındaki uzaklık 14 mm olsun.

Verilen değerler 4 nolu formülde yerlerine konulursa

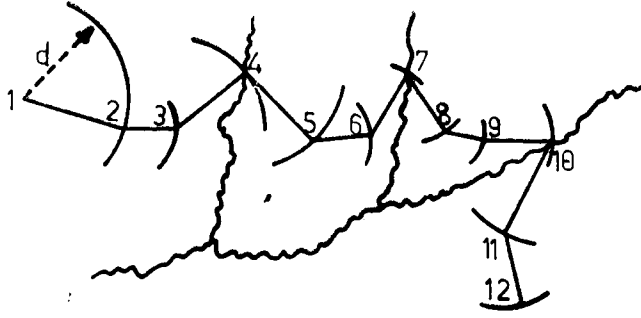
$$dp = \frac{91,1 \times 14 \times 0,08}{150} = 0,69 \text{ mm.}$$

bulunur.

3 nolu şekilde yolun başlangıç noktası I ile gösterilmiştir. Mikrometrenin «Ölçü Markası» I nolu nokta üzerine getirildiği zaman, mikrometrede 17,95 mm. okunmuş olsun. Buna göre «Ölçü Markası» yolun 2 nolu noktasına geldiğinde mikrometrede 17,95 + 0,69 = 18,64 mm okunması gerekir. Buna göre 2 nolu noktanın mutlak paralaksı 91,20 + 0,69 = 91,89 mm. olacaktır.

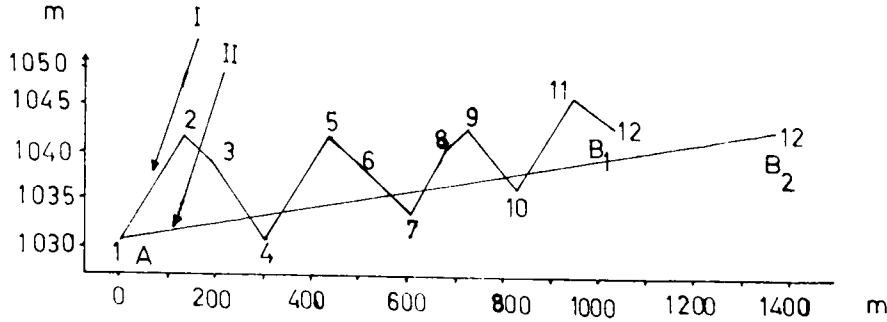
Mikrometrenin vidası döndürülerek 18,64 mm okunması sağlanır. Pergelin uçları 14 mm açılır ve sivri uç I nolu noktaya konularak bir daire yayı çizilir. «Ölçü Markası» bu yay üzerinde gezdirilir ve arazi yüzeyine değdiği nokta aranır. Bu-

lunacak nokta 2 nolu noktadır. 2 nolu nokta 1 nolu noktadan 14 mm uzaktadır ve istenilen kadar yüksektir. Fotoğraf üzerindeki 14 mm uzunluğun arazideki karşılığı 140 m. dir. 1 ve 2 nolu noktalar arasındaki yükseklik farkı  $140 \times 0,08 = 11,2$  m. dir.



ŞEKİL NO: 3

Hava fotoğrafları üzerinde yol ekseninin saptanması. Yol 1 nolu noktadan başlamakta ve 12 nolu noktada sona ermektedir. «Ölçü Makası» 1 nolu nokta üzerine konulduğu zaman mikrometrede 17,95 mm, 12 nolu nokta üzerine konulduğunda ise 18,63 mm. okunmaktadır. Diğer noktalarda okunan değerler 3 nolu cetvelin 6. inci sütunundadır. Okunan bu değerlere göre yapılan hesaplar aynı cetvelin diğer sütunlarında görülmektedir.



ŞEKİL NO: 4

2 yol ekseninin birbirine kıyaslanması gösteren şekil. Her 2 yol da A noktasından başlamaktadır. I nolu yol büyük iniş çıkışlar yaptıktan sonra B<sub>1</sub> noktasında sona ermektedir. II nolu yol ise, hafif bir eğimle yükselmekte ve B<sub>2</sub> noktasında son bulmaktadır. Yukarıdaki grafiğin yatay ekseninde, yol üzerindeki noktaların başlangıç noktası A dan uzaklıkları, dikey ekseninde de kotları görülmektedir. Şekilde açıkça görüldüğü üzere, I nolu yol, II inciden daha eğimlidir fakat daha kısadır.

3 nolu şekilde görüldüğü üzere yolun son noktası 12 nolu noktadır. Yol eğimi, arazinin durumuna göre değiştirilmiştir. Bazen iniş bazen çıkış şeklinde alınmıştır. 3

nolu cetvelde, 12 nokta arasındaki yatay uzaklıklar, eğimler, paralaks farkları, mikrometrede okunan değerler ile noktaların mutlak paralaksları, kotları, ölçekleri ve başlangıç noktasından uzaklıkları görülmektedir. Komşu 2 nokta arasındaki yatay uzunluğun, fotoğraf üzerinde ölçülebilecek en küçük uzunluktan daha küçük olması gerekir. Bu koşula uyularak yol eksenini saptanır.

3 nolu şekilde görülen yolun baş ve son noktaları arasında bir çok yol eksenini saptanabilir. Bunların en kısasının seçilmesi ve kesin eksen olarak kabul edilmesi gerekir. Baş ve son nokta arasındaki yükseklik farkı 11 m. dir, uygulanan eğimlerin en büyüğü  $\frac{1}{8}$  dir. Saptanan yol ile ilgili bütün bilgiler 3 no.lu cetvelde bulunmaktadır.

Yolun boyuna kesitini çizebilmek için, yol üzerindeki noktaların kotlarını ve başlangıç noktasından olan uzaklıklarını bilmek gerekir. Cetvelin 7 ve 9 uncu sütunlarında bu değerler görülmektedir. Kotlar metrenin katlarına yuvarlanarak yazılmışlardır. Buradaki kotlar ve uzaklıklar yaklaşık değerlerdir. Kesin değerleri bulabilmek için 2 yol vardır. Birincisi komşu noktalar arasındaki araziye ait fotoğraf ölçeğinin kesin değerinden yararlanmak. 8 nolu sütuna bu ölçekler yazılmıştır. İkincisi yolun çeşitli noktalarını kapsayan bir «Radyal Nirengi Zinciri» kurmak ve bu zincir yardımı ile yola ait bir çok noktanın yatay düzlem üzerindeki yerlerini bulmak ve buradan yatay uzunlukları ölçmek. Yol eksenini uçuş çizgisinin yakınında bulunacak olursa ikinci yöntem uygulanamaz. Çünkü ışınların birbirini kestiği noktalar saptanamaz.

Normal olarak yolun her noktası için fotoğraf ölçeği hesaplanmaz. Çünkü noktalar birbirine yakındır ve ölçekleri arasındaki fark da küçüktür. Yolun tamamı bir stereoskopik model içersine sığmayabilir. Bu durumda, ikinci ve daha sonraki modeller içersinde yolun nerelerden geçeceğini kabaca saptamak gerekir.

Aksi halde 2 nolu şekilde açıklanan yöntemle saptanan kesin eksen çok eğimli bir araziye gelip dayanabilir. Birinci model üzerinde, 2 nolu şekilde açıklanan yöntemle saptanan yolun son 2 veya 3 noktası aynen ikinci stereoskopik modele taşınmalı ve aynı yöntemle devam ettirilmeli. İkinci stereoskopik modelin ölçeği genellikle birinciden farklıdır. Bu sebeple, ikinci modele taşınacak noktaların paralaks farkları ölçüldüğünde, birinci modeldekenden farklı değerler bulunacaktır.

1963 yılında Kıbrıstaki Papha isimli çam ormanının 1/10 000 ölçekli fotoğrafları çekilmiş ve yukarıda açıklanan yöntem uygulanarak «Yol Şebeke Planı» yapılmıştır. Adı geçen ormandaki yamaçların eğimi  $\frac{1}{40}$  ile  $\frac{1}{70}$  arasında değişmektedir. Arazi yüksekliği de 700 - 1300 m. arasındadır. Erozyon tehlikesini önlemek gayesile, yol eğimi en fazla  $\frac{1}{8}$  alınmıştır. Fotoğraflar  $\frac{1}{80}$  boyuna örtme sağlayacak şekilde çekilmiştir. Duyulan gereksinmeye göre, aradan bir tanesi çıkarılarak,  $\frac{1}{60}$  boyuna örtmeli çiftlerden yararlanılarak stereoskopik modeller oluşturulmuş ve yapılacak yolların eksenleri saptanmıştır.

## 6.2. Yolun Boyuna Kesiti

Düşey hale getirilmiş hava fotoğrafları ile oluşturulan stereoskopik model üzerindeki bir noktaya ait mutlak paralaks ile, o noktadan itibaren hesaplanacak uçuş yüksekliği arasında bir bağıntı vardır. Bu bağıntıyı

3 nolu şekildeki yol ekseni üzerinde bulunan 12 noktaya ait ölçüleri ve hesaplanan değerleri gösterir çizelge.

Nokta No	Yatay uzunluk d (mm)	Eğim %	Paralaks farkı dp (mm)	Mikrometrede okunan (mm)	Mutlak Paralaks (mm)	Kot H <sub>i</sub> (m)	Fotoğraf Ölçeği 1/	Başlangıç noktasından uzaklık (m)
1								9
2	14	+ 8	+ 0.69	17.95	91.20	1031	9587	0
3	7	- 3	- 0.15	18.64	91.89	1042	9515	134
4	11	- 8	- 0.54	18.49	91.74	1039	9533	201
5	14	+ 8	+ 0.69	17.95	91.20	1031	9587	306
6	7	- 6	- 0.26	18.64	91.89	1042	9515	440
7	10	- 4	- 0.25	18.38	91.63	1038	9542	507
8	8	+ 8	+ 0.39	18.13	91.38	1034	9568	603
9	5	+ 5	+ 0.15	18.52	91.77	1040	9527	679
10	10	- 6	- 0.37	18.67	91.92	1042	9515	727
11	13	+ 8	+ 0.64	18.30	91.55	1036	9550	822
12	10	- 5	- 0.31	18.94	92.19	1046	9484	946
				18.63	91.88	1042	9515	1041

$$Z_1 \cdot P_1 = K \text{ veya } (Z_1 - H_1) \cdot P_1 = K \quad (5)$$

şeklinde gösterebiliriz. Bu formüller içindeki değerler şunlardır :

$Z_1$  = İ noktasından itibaren uçuş yüksekliği (m)

$P_1$  = Stereoskopik model üzerindeki İ noktasının mutlak paralaksı (mm)

$K$  = Stereoskopik modele ait değişmez sayı. Her model için ayrı bir değer bulunur (m. mm)

$Z_0$  = Deniz yüzeyinden itibaren uçuş yüksekliği. Deniz yüzeyi yerine başka bir yatay düzlem de alınabilir (m)

$H_1$  = İ noktasının denizden yüksekliği

Bir stereoskopik modele ait ortalama uçuş yüksekliği  $Z_0$  ve  $K$  değeri model üzerinde bulunan kontrol noktaları yardımıyla hesaplanır. Kullanılan formüller şunlardır :

$$Z_0 = \frac{P_A H_A - P_B H_B}{P_A - P_B} \quad (6a)$$

1) Paralaks formülü çıkartılırken üçgenlerin benzerliğinden yararlanılarak

$$\frac{Z_1}{B} = \frac{C}{P_1}$$

yazılmaktadır. Buradan

$$Z_1 P_1 = BC$$

bulunur. Bir stereoskopik modelde B ve C değişmez değerler olduğundan çarpımları K gibi sabit bir sayı olacaktır. Buradan

$$Z_1 \cdot P_1 = K$$

bulunur.  $Z_1$  yerine  $(Z_1 - H_1)$  konulabilir ve

$$(Z_1 - H_1) P_1 = K$$

elde edilir.

(Çeviren)

2) 5 nolu formül A ve B noktalarına uygulanarak

$$P_A Z_A = K \quad P_B Z_B = K$$

yazılabilir. Buradan

$$P_A Z_A - P_B Z_B = 0$$

bulunur.  $Z_A$  yerine  $(Z_0 - H_A)$  ve  $Z_B$  yerine  $(Z_0 - H_B)$  yazılarak

$$P_A (Z_0 - H_A) - P_B (Z_0 - H_B) = 0 \text{ Bulunur ve}$$

$$P_A Z_0 - P_B Z_0 - P_A H_A + P_B H_B = 0$$

$$Z_0 (P_A - P_B) = P_A H_A - P_B H_B$$

$$Z_0 = \frac{P_A H_A - P_B H_B}{P_A - P_B}$$

elde edilir.

(Çeviren)

$$K = \frac{P_A P_B (H_A - H_B)}{P_A - P_B} \quad (6b)$$

$Z_0$  ve  $K$  değerleri bu formüllerle hesaplandıktan sonra, herhangi bir  $I$  noktasının kotu

$$H_i = Z_0 - \frac{K}{P_i} \quad (7)$$

formülü ile kolaylıkla bulunabilir.  $I$  noktası yol eksenini üzerinde olabileceği gibi dışında da olabilir.

Yol eksenini üzerinde bulunan bir  $I$  noktasına ait fotoğraf ölçeği

$$\frac{C}{1000 Z_i} = \frac{C P_i}{1000 K} \quad (8)$$

formülü ile hesaplanır.

Yolun arazideki toplam uzunluğu

$$\sum D = \sum d \frac{1000 K}{C P_i} \quad (9)$$

formülü ile bulunur.

2 nolu şekildeki yol eksenini saptamak için kullanılan fotoğrafların ortalama ölçeği 1/10 000 olarak verilmiştir. Yol ekseninin saptandığı stereoskopik model üzerinde 4 tane kontrol noktası bulunmaktaydı. Bu noktalar yardımıyla  $Z_0$  ve  $K$  değerleri hesaplanmış

$$Z_0 = 2169 \text{ m.} \quad K = 131 150 \text{ m. mm.}$$

bulunmuştur.

Başlangıç noktasının mutlak paralaksı  $P_1 = 91.2$  mm dir. Hesapla bulunan kotu ise  $H_1 = 1031$  m dir. Buna göre, bu noktadaki fotoğraf ölçeği 1/95 87 olur.

$$1) \quad Z_A + H_A = Z_B + H_B = Z_0$$

yazılabilir.  $Z_A$  yerine  $K/P_A$  ve  $Z_B$  yerine  $K/P_B$  yazılarak

$$\frac{K}{P_A} + H_A = \frac{K}{P_B} + H_B$$

bulunur. Buradan

$$\frac{K}{P_A} - \frac{K}{P_B} = H_B - H_A$$

$$K \left( \frac{1}{P_A} - \frac{1}{P_B} \right) = H_B - H_A$$

$$K \frac{P_B - P_A}{P_A \cdot P_B} = H_B - H_A \quad \text{veyahut}$$

$$K = \frac{P_A P_B (H_B - H_A)}{P_B - P_A}$$

işaret değiştirilerek

$$K = \frac{P_A \cdot P_B (H_A - H_B)}{P_B - P_A}$$

bulunur.

3 nolu cetvelin 7 inci sütununda yol noktalarının kotları, 8 inci sütununda fotoğraf ölçekleri, 9 uncu sütunda da, yolun başlangıç noktasından uzaklıklar bulunmaktadır. 9 uncu sütunun sonunda görüldüğü üzere yolun toplam uzunluğu 1041 m. dir.

Yol üzerindeki noktaların, başlangıç noktasına uzaklıkları yatay eksen üzerinde, kotlar da düşey eksen üzerinde alınarak 4 nolu şekilde görülen kesit elde edilmiştir. Şekildeki AB, kırık çizgisi 1 ve 12 nolu noktalar arasına yerleştirilebilen yolların en kısıdır, toplam uzunluğu 1041 m. dir, eğimi  $-8$  ile  $+8$  arasında değişmektedir. (Cetveldeki eğimlere bakınız). Eğer bir yol, başından sonuna kadar hep aynı eğimde gidecek olursa, uzunluğu artar. 4 nolu şekildeki AB, doğrusu, başından sonuna kadar yaklaşık olarak  $\%1$  eğimle gitmektedir, uzunluğu 1375 m. dir.

Baş ve son noktayı birleştiren birkaç tane ekseninin saptanması, yapım ve kamyonla tomruk taşıma giderleri bakımından bu yolların birbirine karşılaştırılması ve en ekonomik olanın bulunması gerekir. En uygun yolun nerelerden geçeceği önce hava fotoğrafları üzerinde saptanır, sonra arazide kontrol edilerek fotoğrafta görünmeyen ayrıntılar görülür ve kesin karara bağlanır.

## 7 — Sonuç

Büyük ölçekli ve yatay eğrili topoğrafik haritası veya ortofoto haritası bulunan arazilerde, yolların nerelerden geçeceğini saptamak ve boyuna kesitlerini çizmek, kolaylıkla yapılabilen bir iştir. Gelişmekte olan ülkelerde bu özellikte haritalar genellikle bulunmamaktadır. Diğer olanaklarında eksik olması nedeniyle, yapılacak yolların nerelerden geçmesi gerektiği saptanamamaktadır.

Hava fotoğraflarından faydalanılarak ormandaki servetin envanteri yapılabilirdiği gibi, yol şebeke plânları da yapılabilir. Hava fotoğrafları, sayesinde bu gayelerin her ikisi de süratli ve sıhhatli bir şekilde sağlanabilmektedir. Kullanılacak fotoğrafların ölçeği 1/15 000 den daha küçük olmamalı, orman araziye sık bir şekilde örtterek görünmesini tamamen engellememeli. Ayrıca, fotoğraflardaki eğiklik çok küçük olmalı. Doğrultmaç aleti kullanmaya gereksinme duyulmamalı. Bu olanakların bulunduğu yerlerde, arazi çok eğimli de olsa, fotoğraf aletleri aynalı stereoskop altında incelenerek ve paralaks ölçülerek, yolların nerelerden geçmesi gerektiği saptanabilir. Hava fotoğraflarını yorumlamaya alışmış olan bir kimse, yukarıda açıklanan teknik yöntemi kolaylıkla uygular ve ormanda iyi bir yol şebekesinin kurulmasını sağlayabilir. Böylelikle, orman daha bilimsel şekilde işletilebilir ve daha verimli hale gelir.

Not : Yazar J. M. Remeijn, gönderdiği özel mektupda yukarıda açıkladığı yöntemin Türkiye'de de uygulandığını duymakla çok memnun olacağını bildirmektedir. Uygulayıcıların karşılaşacakları güçlükleri ve düşüncelerini kendisine yazmalarını istemektedir.