

---

SERİ **B**

CİLT **34**

SAYI **4** **1984**

---

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

# ORMAN FAKÜLTESİ

## DERGİSİ



## HİDROLOJİK ARAŞTIRMALARDA LİZİMETRELERİN YERİ VE KULLANILMA OLANAKLARI

Doç. Dr. Necdet ÖZYUVACI<sup>1</sup>

### Kısa Özet

Lizimetreler, su bilançosunda yer alan öğelerin saptanması, evapotranspirasyonun ölçülmesi, toprak verimliliğinin ve besin elemanları sirkülasyonunun belirlenmesi, kirlenici unsurların topraktaki hareketlerinin ve etki derecelerinin ortaya konması ve kar erimelerinin izlenmesi gibi sayıları arttırılabilecek bir çok alanda kullanılmaktadır. Burada, lizimetrelerin tanımı, hidrolojik araştırmalardaki yeri, önemi, çalışma prensipleri, kurulma biçimleri, tipleri ve kullanıma olanakları ile konu edilen tiplerin sağladıkları üstünlükler ve sakıncalı tarafları karşılaştırmalı olarak verilerek ilgilenenlerin gereksinim duyabilecekleri bilgiler toplu halde sunulmaya çalışılmaktadır.

### GİRİŞ

Su kaynaklarına duyulan ilgi ihtiyaçlara paralel olarak artmaktadır. Bazen en iyi biçimde yararlanma, bazen de çevreye verdikleri zararların önlenmesi biçiminde ortaya çıkan bu ilginin sonuçta tek bir amaca yöneldiği ve **Su kaynaklarının kontrolü** üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bilindiği üzere yararlandığımız karasal suların kaynağı yağışlardır. Hidrolojik devrede yağışlar sonucu yeryüzüne ulaşan su, bundan sonraki hareketini karşı karşıya kaldığı toprak koşullarına bağlı olarak sürdürür. Toprağın infiltrasyon kapasitesini aştığı hallerde yüzeysel akışa geçerek eğim doğrultusunda en kısa yoldan akarsu, göl ve denizlere yönelir. Artan sürüklenme ve taşıma gücüyle erozyon, sel, taşkın ve sedimentasyon zararlarına yol açar. Bu yolla besledikleri akarsularda, taşınan askı ve sürüntü materyali nedeniyle kalite düşük, yeterli ölçüde depolanma söz konusu olmadığı için akım rejimî düzensiz ve verim de az olur. Toprak özelliklerinin uygun olması halinde ise yağış sularının infiltrasyon yoluyla girdikleri profil içersinde adhezyon ve kohezyonla tutularak yerçekimine karşı koydukları görülür. Doygun hale gelinceye kadar süren bu geçici depolanmayı perkolasyon ve yüzey altı akışı ve nihayet taban suyuna ulaşılmasıyla başlayan taban suyu akışı izler. İşte, bütün bu aşamalardan sonra akarsu, göl ve denizlere ulaşan su, toprakta maruz kaldığı geçici depolanma ile akarsularda düzenli bir rejim sağladığı gibi verimin de artmasına neden olur. Ancak kalitesi, içinden aktığı toprak ve ana materyalden suya geçen çözünebilir anyon ve katyonlar ile arazi kullanma şeklinden kaynaklanan kirlenici unsurlara bağlı kalır.

1 İ.Ü. Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Bilim Dalı, Bahçeköy - İstanbul.

Burada, ilk yahut ikinci yolun izlenişini genellikle çevredeki doğal denge dikte eder. O halde, doğal dengenin korunması veya yeniden sağlanması ile su üretimi ve tüketimi arasında sıkı bir ilişkinin varlığından söz edilebilir. İşte, karşılıklı olarak ortaya çıkan bu ilişkiler içersinde gerek üretim gerekse tüketiminde suyun kontroluna, onun yağmur damlası halinde yeryüzüne ulaştığı ilk yerden başlama zorunluğu vardır. Konuyla ilgilenen araştırmacılar bu alanda karşılaşılabilecek sorunlara, suyun yağışlar sonucu ulaştığı yeryüzünden başlayarak toprakta depolanışı, profil boyunca sürdürdüğü hareketi, buharlaşması ve bitkiler tarafından kullanılışı hakkındaki bilgilerimizi arttırmakla bir çözüm getirebileceğini ifade etmektedir.

Günümüze dek bu konuda yapılan araştırmalarda konuya yaklaşımın genellikle doğayı taklit etme veya onun bir parçasını soyutlama yoluyla gerçekleştirildiğini ve bu amaçla da lizimetrelerden yararlanıldığını görmekteyiz. Öyleki, su bilançosunda yer alan öğelerin saptanması, evapotranspirasyonun ölçülmesi, toprak verimliliğinin ve besin elemanları sirkülasyonunun belirlenmesi, kirlenici unsurların (pestisid, insektisid, herbisid, radyoaktif izotoplar v.b.) topraktaki hareketleri ve etki derecelerinin izlenmesi ve kar erimelerinin toprak suyu üzerindeki etkilerinin açıklığa kavuşturulması gibi sayıları arttırılabilecek daha bir çok konularda lizimetrelere yer verilmiş olması, bunların çevre sorunlarına ışık tutmak üzere sürdürülen hidrolojik araştırmalarda özellikle Tarımsal Hidroloji ve Orman Hidrolojisi alanlarındaki önemini belirgin bir biçimde ortaya koymaktadır.

Nitekim, çeşitli ülkelerde yaklaşık iki asır öncesine giden bir geçmiş içersinde kullanıldığı bilinen lizimetrelerin, yer aldıkları araştırmalardaki sayı çokluğu ve çeşitlilik, bunların zaman zaman ayrıntılı biçimde ele alınarak gözden geçirildikleri literatür çalışmalarına yol açmıştır (Kohnke et al, 1940., Harrold and Dreibelbis, 1958).

İşte aynı amaçla kaleme alınan bu yazıda, hidrolojik açıdan taşıdıkları öneme değinilen lizimetrelerin tanımı, çalışma prensipleri, kurulma biçimleri, tipleri ve kullanılma olanakları ile bu tiplerin sağladıkları üstünlükler ve sakıncalı tarafları genel bir sınıflandırma içerisinde örnekleriyle karşılaştırmalı olarak verilmeye ve ilgilenenlerin gereksinim duyabilecekleri bilgiler toplu halde sunulmaya çalışılacaktır.

### LİZİMETRELERİN TANIMI, SINIFLANDIRILMALARI VE KULLANILMA OLANAKLARI

Lizimetreler en genel şekliyle su bilançosuna ilişkin öğelerin ve özellikle toprak içersinden geçen su ve suda çözülmüş maddelerin belirlenmesini sağlayan bir araç olarak tanımlanabilir.

Doğal koşullara uyarılığın amaçlandığı bu araçlarla yapılan çalışmalarda ortaya çıkan sakıncalar zamanla değişik tipte lizimetrelerin geliştirilmesine yol açmıştır. Bunları, kuruldukları yerde soyutlanmaya çalışılan yeryüzü parçasının durumu esas alındığında **Dolduru Lizimetreler, Toprak - Blok Lizimetreler, Ebermayer Tipi Lizimetreler ve Kar Erimelerinin İzlenmesinde Kullanılan Lizimetreler** olmak üzere dört genel grupta toplamak mümkündür.

**Dolduru Lizimetreler** — arazide kazılarak kenarları duvarlarla sınırlandırılan bir boşluğa veya uygun büyüklükte altı kapalı bir kaba, kurulacağı yerin toprağı doldurulmak suretiyle inşa edilirler. İçlerine konulacak toprak, genellikle elenmek ve karıştırılmak suretiyle daha önceden yeknesak hale getirilir. Bu lizimetrelerde toprağın doğal permeabilite koşulları ve nem ilişkilerinin tam olarak temsil edildiği söylenemez. Ancak, genellikle birden fazla parsel veya bloktan oluştukları için özellikle bitkilerin su tüketimleri açısından eşit koşullarda karşılaştırılmalarını sağlamak bakımından büyük bir üstünlük taşırlar.

**Toprak - Blok Lizimetreler** Önce kurulacakları yer seçilir. Sonra olduğu yerde toprak kütlelerinin doğal durumu bozulmadan bloklar halinde kenarları beton duvar veya metal levhalarla sınırlandırılır. **Monolith Lizimetreler** adı da verilen bu lizimetrelerin oldukları yerde kurulan bu tipleri yanında, kurulacağı yerin yakınında benzer koşullara sahip kesimlerden doğal yapılarını koruyacak biçimde alınan büyük toprak kesek veya bloklarından yararlanılarak inşa edilen tipleri de vardır (Sartz, 1963). Her iki inşa tarzında da lizimetreyi oluşturan toprak blokların tabanına perkolasyon suyunu almak üzere metal toplayıcılar yerleştirilir. Bunlarda amaç, ölçmelerin blok şeklindeki toprak kütlelerinde doğal durum bozulmadan yapılabilmesini sağlamaktır.

**Ebermayer Tipi Lizimetreler** — kurulacakları yerde toprak içersine istenilen derinliğe, üzerindeki horizonların doğal durumları bozulmadan kazılarak, tava veya huni şeklinde bir toplayıcı yerleştirilmek suretiyle oluşturulurlar. Bu tip lizimetrelerde sınırlayıcı kenarlar veya yan duvarlar bulunmadığı için toprak kütlesi çevresinden soyutlanmamış durumdadır. Dolayısıyla, yerleştirilen toplayıcının üst kısmındaki horizonlardan gelen perkolasyon suyu doğrudan ölçme kabına ulaştırılır. Ancak, bunlarda suyun toprak içersindeki yatay hareketi ve yüzeyel akış sınırlanmadığından yakın çevrenin etkisi söz konusu olmaktadır.

**Kar Erimelerinin İzlenmesinde Kullanılan Lizimetreler** — Bu lizimetreler doğal durumlarını koruyan kalıcı kar kütlelerinin tabanında oluşan akımın doğrudan doğruya izlenmesine olanak sağlayacak biçimde kurulurlar. Burada oluşan akım, kar kütlelerinin yüzeyinde radyasyon, yoğunlaşma ve konveksiyon sonucu meydana gelen erimelerden kaynaklanabildiği gibi, yağmurun neden olduğu bir erime veya doğrudan yağmurun ve yüzeyel erimenin birlikte oluşturdukları sudan da kaynaklanabilmektedir.

Buraya kadar ana hatlarıyla kısaca tanımlanmaya çalışılan lizimetreler, çalışma prensipleri bakımından ele alındıklarında daha ayrıntılı olarak aşağıdaki şekilde gruplandırılmaktadır :

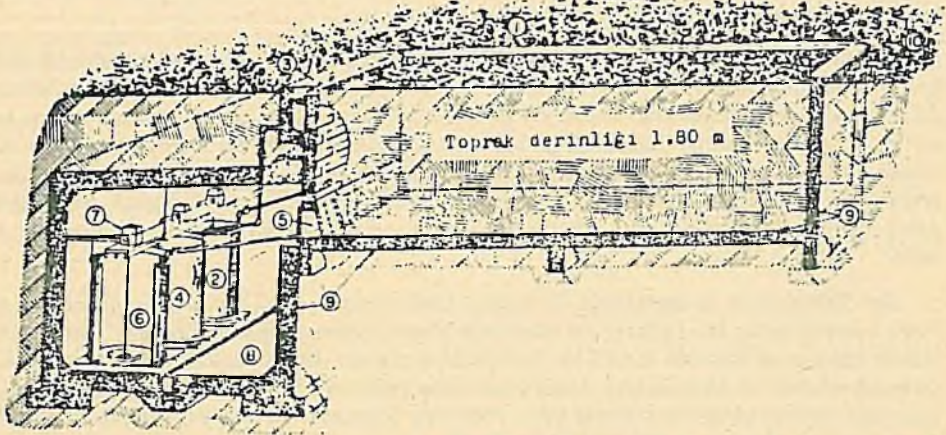
1. Drenaj esasına göre çalışan lizimetreler
2. Tartı esasına göre çalışan lizimetreler
  - 2.1. Mekanik-elektronik tartılı lizimetreler
  - 2.2. Hidrolik lizimetreler
    - 2.2.1. Yüzer lizimetreler
    - 2.2.2. Yastıklı tip lizimetreler
3. Ebermayer tipi lizimetreler
4. Kar erimelerinin izlenmesinde kullanılan lizimetreler

Şimdi bunları sırasıyla örnekler vererek açıklamaya çalışalım :

### 1. DRENAJ ESASINA GÖRE ÇALIŞAN LİZİMETRELER

Bu tip lizimetrelere genellikle otlak, çalı, maki ve orman gibi doğal vejetasyon örtüleriyle kaplı alanlarda yapılan araştırmalarda yer verilmektedir. Dolayısıyla, diğer tiplere oranla daha geniş bir alanı kapladıklarından yapım, çalıştırılma ve bakım giderleri en fazla olan tipleri teşkil ederler. Genellikle, temsil etmek üzere kuruldukları arazi parçalarında

hidrolojik durumu etkileyen bitki - toprak - su ilişkilerini açıklamak ve su bilançosunda yer alan öğeleri belirlemek amacıyla kurulurlar. Değişik şekillerde inşa edilmiş, toprak - blok ve dolduru tiplerinde olanları vardır. Drenaj esasına göre çalışan lizimetrelere en çarpıcı örnekler olarak A.B.D. Arizona eyaletinde, Sierra Ancha deneme ormanında yer alan otlakları temsilen doğal toprak özelliklerini koruyacak biçimde kaya temel üzerine inşa edilen lizimetreler (Martin and Rich, 1948) ile yine A.B.D. Kaliforniya eyaleti, San Dimas deneme ormanında inşa edilen geniş lizimetreler verilebilir (Şekil - 1).



- |   |  |
|---|--|
| 1. Yağış ölçer<br>(Vejetasyon örtüsü altında tutulan yağış) | 6. Profilden sızan suyun depolandığı tank                            |
| 2. Yağış depolama tankı                                     | 7. Seviye ölçer  |
| 3. Yüzeysel akış toplayıcısı                                | 8. Tünel   |
| 4. Yüzeysel akış depolama tankı                             | 9. Beton taban ve duvarlar   |
| 5. Sızıntı suyu toplayıcısı                                 | 10. Lizimetrenin üzerinde ve çevresinde<br>yetiştirilen bitki örtüsü |

Şekil — 1 Beton taban ve duvarlarla sınırlandırılmış, her bir parseli 20 m<sup>2</sup> lik yüzey alanına sahip 26 bloktan oluşan San Dimas lizimetrelerinden bir kesit (Patric, 1961).

Nitekim, havza amenajmanı çalışmaları kapsamına giren bir araştırma projesinin tamamlayıcı parçası olarak inşa edilen San Dimas lizimetreleri bu konudaki yayınlarda isim yapmış bir uygulama olarak geçmektedir. Çevredeki doğal vejetasyon örtüsünün su ekonomisindeki rolünü ortaya koymak üzere inşa edilen bu lizimetrelerin tamamlanması 3 yıllık yoğun bir çalışmayı gerektirmiştir. Herbiri 3.20×6.40×1.80 m. ebadında, beton taban ve duvarlarla sınırlandırılmış bloklar üzerinde yirmi metre karelik yüzey alanına sahip 26 parselden oluşmaktadır. Bu parsellerden biri çıplak bırakılmış, diğerleri ise beşli gruplar halinde *Erigonum fasciculatum* var. *foliolosum* Nutt., *Adenostoma fasciculatum* Hook ve Arn., *Ceanotus crassifolius* Torr. gibi otsu ve *Quercus dumosa* Nutt. ve *Pinus coulteri* Lambert gibi odunsu türlerle kaplı bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda bitki-toprak sisteminde ortaya çıkan tüm su kayıplarını içerecek biçimde transpirasyon, intersepsiyon ve toprak yüzeyinden buharlaşma Evapotranspirasyon olarak nitelendirilmiştir.

Yıllık evapotranspirasyonun hesaplanmasında ise aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır :

$$\text{Evapotranspirasyon (Su kaybı)} = \text{Yağış} - \text{yüzeysel akış} + \text{sızma} \pm \text{toprak rutubetindeki değişim (artma veya azalma)}$$

Lizimetre, eşitlikte geçen unsurlardan toprak nemi hariç diğerlerini doğrudan ölçme olanağını vermektedir. Burada toprak nemi önceleri, alınan örneklerde gravimetrik yolla saptanmıştır. Ancak, parseller sürekli örnekleme sonucunda delik deşik olduğundan sonraları Colman'ın cam elyafından geliştirdiği nem ölçme üniteleri kullanılmıştır. Günümüzde bu üniteler de yerlerini nem ölçme boru ve sondalarının kullanıldığı nükleer yöntemle bırakmış durumdadır. Nötronmetrelerin kullanıldığı bu ölçmelerde, istenilen derinliğe indirilen sondalar yardımıyla o derinlikteki toprak nemi kolaylıkla saptanabilmektedir.

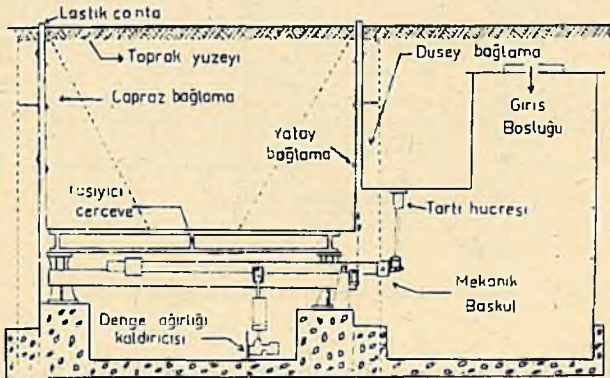
Ölçümler, yağışlardan önce ve sonra, yağışsız dönemde ise haftalık olarak yapılmaktadır. Ayrıca, sızma ve yüzeysel akış miktarları yağış esnasında kaydedilerek bunların toplamları alınmakta ve haftalık fenolojik gözlemler de yapılmaktadır. Bu veriler her yağış için ayrı ayrı ve yıllık toplamları alınarak değerlendirilmektedir.

## 2. TARTI ESASINA GÖRE ÇALIŞAN LİZİMETRELER

Tartı esasına göre çalışan lizimetrelerde arazi parçasının temsil edildiği toprak kütesinde meydana gelen nem değişmelerinin neden olduğu ağırlık farklılıkları izlenmektedir (Bavel and Reginato, 1965, Middleton and Jensen, 1969, Özgürel, M. 1981). Daha ziyade tarım bitkileri ile doğal otlaklarda yetişen otsu türlerin evapotranspirasyon kayıplarını saptamak amacıyla kullanılırlar. Bu amacı gerçekleştirebilmeleri için temsil ettikleri çevreden, bitkilerin türü, boyu, sıklığı ve gelişme hızları bakımından fark göstermemeleri gerekir. Ayrıca, meydana gelecek nem değişmelerinin ağırlık üzerindeki etkisini hassas şekilde aksettirebilecek bir tartı düzenine sahip olmaları şartı aranır. Bu nedenle kullanılan tartı düzenine göre aşağıdaki şekilde tanımlanarak incelenebilirler :

### 2.1. Mekanik - Elektronik Tartı Düzenine Sahip Lizimetreler

Bu tip lizimetrelerde dolduru veya blok tipinde alınan toprak kütesi küp yahut silindirik şekilde koruyucu görevi yapan metal bir kap içersine konur. Bu kap, içersindeki toprak kütesi ile birlikte lizimetrenin kurulacağı arazi kesiminde bu kaptan biraz daha büyük olarak açılan ve yine metal bir koruyucu ile sınırlandırılan boşluk içersine birbirlerine yakın, fakat temas etmeyecek şekilde özenle yerleştirilerek alttaki tartı düzeninin taşıyıcı çerçevesi üzerine oturtulur (Şekil - 2).



Şekil - 2. Mekanik, elektronik tartı düzenine sahip bir lizimetrenin şematik olarak görünüşü (Ritchie and Burnet, 1968).

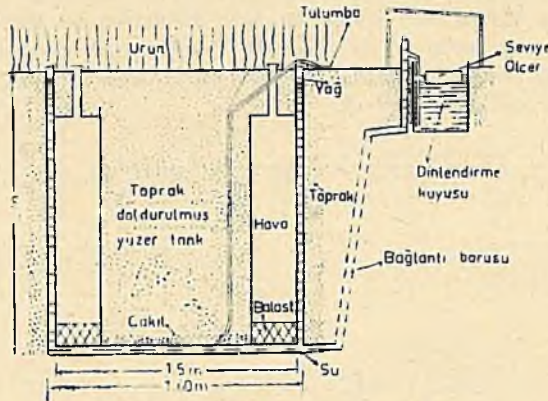
İç içe silindir veya küp şeklindeki bu kap ve koruyucunun arası sızma ve kirlenmelere karşı lastik bir conta ile kaplanır. Burada lizimetre yaklaşık 5-6 tonluk bir kütle oluşturduğundan topraktaki nem değişmelerinden kaynaklanan ağırlık farklılıklarının ölçüleceği bu düzende hassasiyeti sağlayabilmek için önce denge ağırlığı diyebileceğimiz bir karşı ağırlıkla dengeleme yapılır. Bu dengelemeden sonra meydana gelen farklılıklar elektronik yolla bir tartı hücreğine aktarılır. Böylelikle,  $\pm 0.025$  mm lik suya eşdeğerdeki ağırlık değişimlerini izlemek mümkün olabilmektedir. Ancak, bu hassas düzen üzerinde rüzgarın etkisi ortaya çıkmakta ve tartı hücrelerinden gelen çıkış voltajı değişim gösterebilmektedir. Bu sakınca, özellikle rüzgarlı dönemlerde çıkış voltajı elektronik yolla filtre edilerek kolaylıkla giderilebilmektedir. Mekanik-elektronik tartı düzenine sahip lizimetelerin yapılan uygulamalarda sağlanan bu hassasiyet yanında, uzaktan kontrol imkanı vermeleri ve tartı düzeninin değişik kapasiteler için piyasadan kolaylıkla tedarik edilebilmesi bakımından büyük bir üstünlük sağladıkları ifade edilmektedir.

## 2.2. Hidrolik Tartı Düzenine Sahip Lizimetreler

Bir önceki tipe giren lizimetrelerden farklı yönleri sadece tartı düzenlerindedir. Birleşik kaplar esasına göre çalışırlar. Dolduru veya blok tipindeki toprak kütlelerinin bir kap içersinde doğrudan doğruya suya veya içleri su doldurulmuş lastik yastıklara oturtulduğu değişik tipleri vardır.

### 2.2.1. Yüzer Lizimetreler

Bu lizimetrelerde ister dolduru isterse blok şeklinde olsun toprak kütlesi yüzer bir kap içersine alınmıştır (Şekil - 3). Kap kendisinden biraz daha büyük ve tabanı geçirimsiz hale getirilmiş bir boşlukta su içerisine yerleştirilmiştir. Bu boşluk, su seviyesi kaydedici seviye ölçer yardımıyla sürekli olarak izlenen bir dinlendirme kuyusu ile irtibatlı durum-



Şekil - 3. Yüzer lizimetre (Bruce and Clark, 1969).

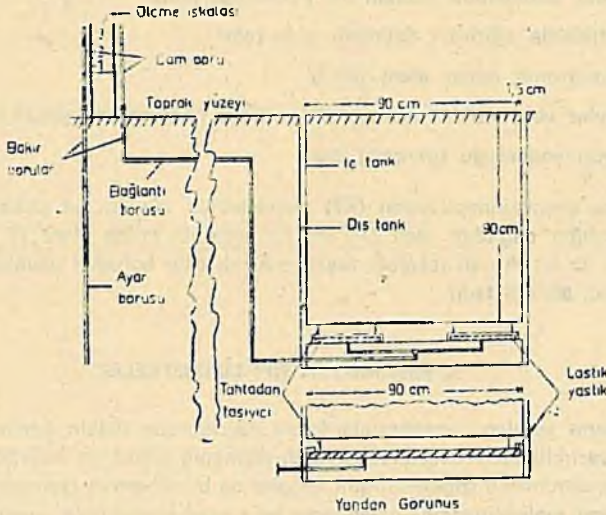
dadır. Lizimetrenin ana parçasını teşkil eden yüzer kabın ihtiva ettiği toprak kütleğinde meydana gelen nem değişimleri, ağırlığının, dolayısıyla su yüzeyine yapacağı basıncın ve dinlendirme kuyusundaki seviyenin değişmesine neden olmaktadır. Böylelikle dinlen-

dirme kuyusundaki seviye değişmelerinin lizimetredeki hangi ağırlık ve nem eşdeğerlerine tekabül ettiği bir kalibrasyonla belirlenerek nem değişmelerinin sürekli olarak izlenmesi sağlanabilmektedir.

Yüzer lizimetreler, dinlendirme kuyusuna gereksinim göstermeleri nedeniyle ikinci bir kazıya yol açarlar. Gerek lizimetre boşluğunun tabanında gerekse dinlendirme kuyusunda sızdırmazlığın sağlanması bakımından güçlük yaratabilirler. Ayrıca, birleşik kap teşkil eden lizimetre boşluğu ile dinlendirme kuyusu arasında büyük bir su kitlesinin söz konusu olması nedeniyle nem eşdeğeri ile seviye değişimleri arasındaki kalibrasyonda ilişki kurmak, özellikle küçük nem değişmelerinde kolay olmamaktadır. İşte bu güçlüklerin üstesinden gelmek ve ilk tesis giderlerini azaltmak bakımından aynı esasa göre çalışan yastıklı tip lizimetreler geliştirilmiştir.

### 2.2.2. Yastıklı Tip Lizimetreler

Yastıklı tip lizimetrelerde, yüzer lizimetrelerden farklı olarak tabanda taşıyıcı görevi yapan su kütlesi lastik yastıklar bulunmakta, dinlendirme kuyusunun yerini ise kılcal bir cam boru almaktadır (Şekil - 4). Böylelikle daha az bir su kütlesi söz konusu ol-



Şekil - 4. Yastıklı tip bir lizimetre (Hanks and Shawcroft, 1965).

makta ve sıcaklık değişimlerinin su yoğunluğunu etkileyerek seviye farklılıklarına yol açması, ayar borusu adı verilen ikinci bir boru yardımıyla kontrol altına alınabilmektedir. Şöyleki; bağlantı borusu ile aynı karakteristiklere sahip alt ucu kapalı bir boru toprak içersine lizimetre derinliğine ulaşınca kadar gömülmektedir. Sonra donmaya karşı bir önlem olarak gerek lastik yastıklara gerekse bu borulara konulmak üzere hazırlanan antifiriz ilave edilmiş su ile doldurulmaktadır. Böylece ayar borusundaki su seviyesinde sadece sıcaklık değişmelerinden kaynaklanan seviye farklarını, su seviyesi hem nem hem de sıcaklık değişmelerinin etkisinde bulunan bağlantı borusundaki seviyeden ayırmak mümkün olabilmektedir.



Ayrıca, uzun süre kullanıldığında lastik yastıklarda elastikiyetin değişerek genişlemeye, dolayısıyla su seviyesinde düşmelere yol açabileceği ileri sürülmektedir. Ancak, bu şekilde meydana gelebilecek hataların yastıkların kutu biçiminde bir koruyucu içerisine alınması ve naylon kuşaklarla takviyeli lastikten yapılması sonucunda en az düzeye indirilebildiği belirtilmektedir.

Evapotranspirasyon kayıplarının saptanmasında en ekonomik yollardan biri olarak görülen bu tip lizimetlerde, ağırlık değişmelerinin tekabül ettiği nem eşdeğerleri derinlik olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Hanks and Shawcroft, 1965).

$$ET = \frac{\Delta h \times A}{A_1} \frac{pw}{pf}$$

Burada,

ET = Evapotranspirasyon (veya yağış) (cm)

h = Ölçme ıskalasında okunan su yüksekliği (cm)

A = Yastıklarda ağırlığın dağıldığı alan (cm<sup>2</sup>)

A<sub>1</sub> = Lizimetrenin taban alanı (cm<sup>2</sup>)

pw = Borular ve yastıklar içerisindeki antifiriz karıştırılmış suyun yoğunluğu (gr/cm<sup>3</sup>)

pf = Suyun yoğunluğu (gr/cm<sup>3</sup>) dur.

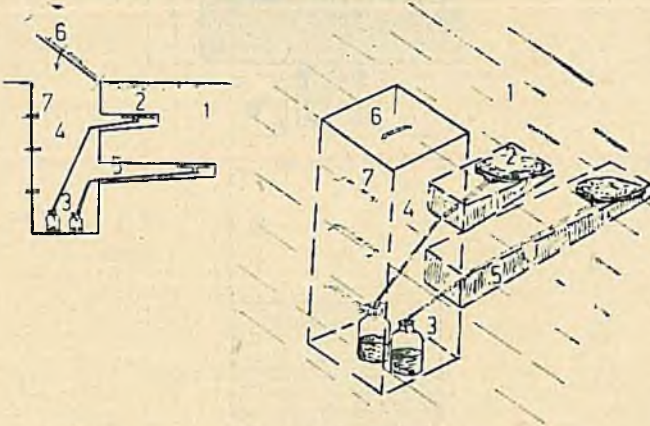
Ölçmelerde evapotranspirasyon (ET) değerleriyle, okunan su yüksekliği ( $\Delta h$ ) arasındaki oran, ağırlığın dağıldığı alan (A) ile lizimetrenin taban alanı (A<sub>1</sub>) arasındaki orana bağlı kalmakta ve bu durum ıskalayla teşkil edecek cam borunun uzunluğunu tayin etmede bir kıstas olarak alınmaktadır.

### 3. EBERMAYER TİPİ LİZİMETRELER

Lizimetrelerle yapılan araştırmalarda su bilançosuna ilişkin ölçelerin saptanması yanında toprak verimliliğinin belirlenmesi, gübrelemenin etkisi ve kirlenici unsurların toprak içerisindeki hareketlerinin izlenmesi gibi konular da büyük önem taşımaktadır. Ancak, toprak suyunda kalitenin belirlenmesini amaçlayan bu tip araştırmalarda, suyun profil içerisindeki hareketi esasında toplanması güçlükler yarattığından genellikle laboratuvar çalışmalarına ağırlık verilmektedir. Ayrıca, diğer tip lizimetrelerin kuruluş aşamasında toprak yapısı bir ölçüde bozulduğundan doğal koşullardan uzaklaşılması bu konuda daha fazla etkili olmaktadır.

İşte, Ebermayer tipi lizimetreler bu sorunların çözümüne hizmet etmek üzere geliştirilmişlerdir. Zira bu tip lizimetrelerde, içerisindeki su hareketi izlenecek toprak katmanlarına dokunulmadığı için sorun kendiliğinden ortadan kalkmaktadır. Şöyleki, lizimetrenin kurulacağı arazi parçası üzerinde önce yeterli derinlikte bir çukur açılmakta ve bu çukurun yan duvarlarından biri üzerinde söz konusu katmanın altına girecek biçimde küçük bir tünel açılarak, katmandan gelecek suların toplanmasını sağlayacak bir toplayıcı ve onunla irtibatlı bir depolama kabı yerleştirilmektedir. İzlenecek katman sayısına göre top-

layıcı ve depolama kaplarının sayısı arttırılabilmektedir (Şekil -5). Daha sonra açılan bu küçük tüneller kazılmaları esnasında çıkan toprakla doldurulmaktadır. Önceden kazılan çukura giriş çıkışı kolaylaştıran basamaklar ve bir kapak ilavesiyle servis imkanı sağlanarak lizimetrenin kuruluşu tamamlanmaktadır. Oldukça basit ve ucuza mal olan bu tip lizimetrelerde de başlangıçta bazı sorunlarla karşılaşmıştır. Zira, suları toplanacak katmanlarda doğal toprak koşulları bozulmadan korunmasına rağmen, yerleştirilen toplayıcılarla üstteki toprak arasında toprak - hava temas yüzeyinde ortaya çıkan yüzey gerilimi suyun akışını bir ölçüde engellemektedir. Burada, Cole (Cole, Gessel and Held, 1961, Gessel and



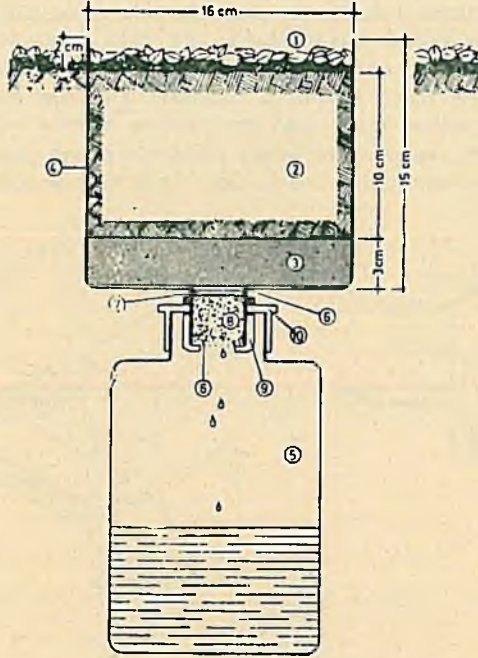
Şekil -5. Ebermayer tipi bir lizimetrenin şematik görünümü.

- (1) Toprak, (2) Toplayıcılar, (3) Depolama kapları, (4) Kazı yapılan kısımlar,  
(5) Yeniden doldurulan kısımlar, (6) Kapak. (7) Basamaklar.

Cole, 1958) toplayıcılarda gözenekli alüminyum oksit diskler kullanmak ve bunların toprakla temasını sıkı bir şekilde sağlayarak tarla kapasitesine eşdeğer bir negatif gerilim uygulamakla bu soruna büyük ölçüde çözüm getirmiştir. Ancak disklerin yerleştirilmesi esnasında toprakta yer yer kök, taş, boşluklar v.b. durumlarla karşılaşılması araştırmalarda matematik İstatistik yönden replikasyonların teşkilinde güçlükler yaratmıştır. Bu duruma çözüm arayan Jordan (1968) Gerilimsiz veya Sıfır Gerilimli lizimetre adını verdiği basit bir düzenleme ile iç bükey toplayıcılarda toprakla teması fiberglas bir kafes içerisine yerleştirdiği cam pamuğu ile sağlayarak toprak - hava temas yüzeyinde söz konusu olan yüzey gerilimini ortadan kaldırmayı başarmıştır.

Diğer taraftan. ölü örtüde intersepsiyon ve buharlaşma tayinleri amacıyla imal edilen ve Isenburg — Küçük lizimetreleri adıyla anılan plastik lizimetrelerin de bu konuda hizmet verecek biçimde geliştirildiklerini görüyoruz (Şekil -6).

Hessischen Orman Hidrolojisi Araştırma Enstitüsünün (Institut für Forsthydrologie der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt) — Göttingen, Almanya — çalışmalarında özellikle ölü örtü ve üst toprak katmanlarında suyun hareketi ve kalitesini incelemek amacıyla meşçereler altında serpiştirilerek yerleştirilen toprak - blok tipindeki bu lizimetrelerin pratik olmaları bakımından büyük kolaylık sağladığı ifade edilmektedir.



Şekil - 6. Isenburg . küçük lizimetresinin yapım planı.

- (1) Ölü örtü ve humus tabakası, (2) Toprak blok, (3) Süzgeç plaka, (4) Plastik kap,  
 (5) Depolama kabı, (6) PVC kafes, (7) Porselen filtre, (8) Filtre pamuğu,  
 (9) Vidalı tutucu, (10) Vidalı kapak (Höll, 1974).

#### 4. KAR ERİMELERİNİN İZLENMESİNDE KULLANILAN LİZİMETRELER

Yurdumuz gibi dağlık topoğrafyanın yaygın olduğu ülkelerde yüksek alanlara düşen kar yağışlarının ülke su potansiyeli üzerindeki etkisi büyük önem taşır. Bu nedenle gerek hidroloji, gerekse ormancılık uygulamalarında kar yağışları, kar birikimi, kalıcı kar kütleleri ve kar erimesi ile oluşan su girdileri üzerinde büyük bir titizlikle durulması gerekir. Zira bu alanlardaki kar kütlelerinin sıvı forma yani kullanılabilir su haline dönüşmesi kar erimesi olayı ile çok yakından ilgilidir. Bu nedenle kar kütlelerinin sadece su eşdeğerlerini değil, erimelerinde rol oynayan etkenler ile erimeleri halinde hangi hızla ne kadar akışa neden olabilecekleri konularında da yeterli ve güvenilir verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

İşte bu amaçla, kar erimelerinin izlenmesinde kullanılan lizimetreler geliştirilmiştir. Kuruluşları oldukça basit olan bu lizimetrelerde arazi üzerinde biriken kar kütlelerinin bir kısmı doğal durumunu koruyacak biçimde çevresinden soyutlanarak, tabanda meydana getirdiği akış izlenir. Bu konudaki ilk çalışmaların 1950 li yıllarda A.B.D. de başlatıldığını görmekteyiz (Haupt, 1969). Önceleri kar kütlelerinin doğal yapılarını koruyarak soyutlanmalarında güçlüklerle karşılaşılan bu çalışmalarda, daha sonraları başarıya ulaşıldığı ve kar erimelerinden kaynaklanan akışlar ve bunda etkili faktörler hakkında değerli bilgiler elde edildiği ifade edilmektedir. Bu tip lizimetrelerin kurulma ve çalıştırılma tekniğini ko-

HAUPT, H.F., 1969. A 2-year evaluation of the snowmelt lysimeter. Western snow conference proceedings. Salt lake City, April 15-17 (97-101). U.S.A.

HÖLL, V.K. 1974. Beschaffenheit von Sicherwasser und Hangwasser aus Nadel- und Laubwaldbeständen. Allgemeine Forst Zeitschrift. Wald und Wasser 74. B 1089 C 49. München.

JORDAN, C.F., 1968. A simple, tension-free lysimeter Soil Science. Vol. 105, No. 2, U.S.A.

KOHNKE, HELMUT, DREIBELBIS, F.R. and DAVIDSON, J.M., 1940. A survey and discussion of lysimeters and a bibliography on their construction and performance. USDA Misc. Pub, 372.

MARTIN, W. P. and RICH, L.R., 1948. Preliminary hydrologic results, 1935-1948 «Base Rock» undisturbed soil lysimeters in the grassland type, Arizona. Soil Science Society of America Proceedings, Vol. 13, (561-567).

MIDDLETON, J. E. and JENSEN, M.C., 1969. Hydraulic Weighing Lysimeter. Washington Agricultural Experiment Station. College of Agriculture, Washington State University. Circular 506.

OZGÜREL, M., 1981. Elektronik tartıcı evapotranspirometrelerin kullanılması. Birinci Ulusal Meteoroloji Kongresi 23-25 Mart İ.T.Ü. Temel Bilimler Fakültesi.

PATRIC, J.H., 1961. The San Dimas large Lysimeters. Journal of Soil and water Conservation. Vol. 16, No. 1, January-February. U.S.A.

RITCHIE, J.T. and BURNETT, E. 1968. A precision weighing lysimeter for row crop water use studies. Agronomy Journal. Vol. 60 Sept-Oct. (545-549). U.S.A.

SARTZ, R.S. 1963. Wateryield and soil loss from soil-block lysimeters. U.S. Forest Service Research Paper LS-6. Lake State Forest Exp. Sta. Dec.

SCHOLL, D.G. and HIBBERT, A.L. 1973. Unsaturated flow properties used to predict outflow and evapotranspiration from a sloping lysimeter. Water Resources Research Vol. 9, No. 6, Dec. The American Geophysical Union.

SCHULTZ, W.R. 1973. Snowmelt lysimeters perform well in cold temperatures in Central Colorado. U.S.D.A. Forest Service Research note RM-247. Sept. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.