

## KUZEY YARIMKÜREDEKİ LÖS ÇÖKELLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ KARAKTERİSTİKLERİ<sup>^</sup>

Çeviren: Aydın ÖZSAN

AIXF.F. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

### GİRİŞ

Fleyistosen çökellerinde geniş yayılmalar gösteren lös toprakları çeşitli yapıların temelinde, barajlarda, ve dolgularda yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Lösün yaygın oluşumları Rusya'nın güneyinde çeşitli topoğrafik seviyelerde Çin'de Hindistan ve diğer Asya ülkelerinde (Afganistan, Pakistan) olup, Avrupadaki çoğu alanlar Bulgaristan» Romanya» Yugoslavya,, Macaristan, Polonya, Almanya, Fransa; A.B.D. de Büyük ovalar, Teksas, New-Mexico, Arizona, Connecticut, New Jersey Pennsylvania; Güney Amerika» Afrika' ve Avustralya lös çökelleri ile kaplıdır.

Dünyadaki toplam lös topraklarının kapladığı alan 13 milyon kilometre kare olup bu topraklar çoğunlukla Çin, Rusya ve Hindistan'da bulunmaktadır.

### LÖS TİPLERİ

Çeşitli jenezlerde oluşan lös toprakları,,, lösün özelliğine ve tipine göre sınıflandırılırlar., Lös çökellerinin genelde karasal. Kuvaterner kumlu ve organik maddeli, killi kumlu, (loam) topraklarda ve bazı hallerde: killerin. değişik jenezleri şeklinde oluştuğu kabul edilmektedir. Lösler p özellikleri taşırlar: Kahverengimsi açık sarı renkte,, silt boyutunda kireç içeren, dikey denüritik, tübümsü, gözenekli, dikey olarak kırılma eğiliminde ve dik. yüzeyler göstermektedir. Lös» yüksek geçirgenliğe sahip, aşındırma özelliği olan, jips ve kalker yumruları bulunduran» mollusk ve memeli fosilleri içeren bir tür oluşuktur. Lösün detaylı özellikleri şunlardır;

a) orijini; eolyen, deluviyal, proluviyal veya bunların karışımı b) göl-güliimsü san renkte c) graoffler, bazen granüler agrega yapısında ve az çok tabakalı yapıda. d) % 50'den fazla tanelerin büyüklüğü 0,50-0,005 mm arasında olup bunun. % 25-30'u killer (0,005) oluşturmaktadır, e) Üstte yer alan ilk 15-20 m., arasında porozite % 38-58 dir. 0.25 mm den iri. -taneler nadirdir, f) Üstte yer alan ik 10-15 metredeki oluşuklarda çökelleme daha fazladır, g) Havalandırma zocunda. nemdeki hareket-sizlik kurak alanlardaki lös malzemesinin oluşmasına neden olur., Yukarıda belirtilen özelliklere sahip olmayan lös malzemelerine ise lös-tipi toprak denir, (Sergeev ve diğ. 1983).

Lösü diğer topraklardan ayıran, özelliği, nemli olduğu zaman çökmesidir. Lösler» üzerine gelen yükten değil graviteye bağlı, nedenlerle hızlı çökürlür,.. Suya doygun lösün ani çökme olayına Subsidence denir.

Özel. bileşim ve özellikteki lös çöfeelleri formasyonu paleoekolojik, oğrafik ve başlıca iklimsel faktörler ile yakından ilgilidir. Örneğin, lös 24° ile 60° kuzey enlemleri arasındaki kuzey yarım kürenin step bölgelerinde oluşur. Güney Amerika'da 24° ile 25° güney enlemleri arasındaki bölge lös Manian, ile kaplıdır (Krieger, 1965).

Masif lös çökelleri, Cinde, Sovyetler Birliğinin güneyinde ve A.B.D'nie büyük düzlüklerinde görülür. Akarsu vadileri/taşkın ovalar ve teraslar tamamıyla lös tarafından örtülmüştür. Lös, dağ aralarında, dağlık bölgelerde deniz seviyesinin 1500 m. üstünde oluşabilmektedir. Sovyetler Birliği'nin Orta. Asyadaki. dağlarında lösler 4500 m. de bulunmaktadır.

\* EdittJriüğüntt **WJR**. Dearman, E.M. Sergeev ve V.S. Smboka'nın yaptığı "Engineering Geology of the Earth" (1989) adlı. kitabın 116-120. sayfaları arasında yer alan. "Engineering Geological Characteristics- of Loess Deposits of the Northern Hemisphere" adlı. yazıdan çevrilmiştir.,,

Lös çökelleri kuzey yarımküredeki Batı Sibirya'da; doğu, orta ve batı Avrupadaki step ve step-ormanlık kuşaklarında izole bantlarla çevrilidir. Farklı ülkelerde gözlenen lös çökellerinin kalınlıkları» çökme ve karasal yıkanma zonu aralıklarına, ayrıca tösleri, oluşturan- birincil maddelerin birikme ve taşınmasına etki eden bazı paleo-coğrafik ve neotektonik olaylara bağlıdır... Her ayrı tabakanın 50' metre kalınlığı bulduğu en kalın lös çökeli 400 m., kalınlıkta olup Cinde (Obruchev) bulunur. Rusya'da, Orta. Asya. bölgesindeki dağ. arası çöküntülerde maksimum lös kalınlığı. 100430 m; A.BD, de Great Plains'deki tös tabakası 20-80 m. arasında dizilim gösterir.,

Lös çökellerinin bileşimi dünyanın her yanında aynıdır, belininölometrik ve mineralojik, karakterdedirler.

## DÖNEMSEL ÇÖKELLER

Pleyistosedeki. dönemsel iklimsel, gelişimi sonucu löslerdeki litolojik döoemsellik. yaygındır (Şekil 1). Lös malzemelerindeki birikim,, iklimsel minima esnasında (glacials,, stadials) ve- toprak oluşturan iklimsel optima (interglacials, interstadials) esnasında oluşur. (Kukla, 1961),, Eski interglacial ve interstadial toprakların. tabakalar araştırma, girmesiyle litolojik tekrarlamaya neden olan lös istifini oluşturur. Löslerin içindeki aluvial dönemselliklerini. kaynağı kum. ve çakıl olabilir. Halbuki proluvial dağ eteği lösü ince silis çimentolu oluşuklar oluşturabilirler. Lösün düzenli litolojik tekrarlanmaları jeolojik ve mühendislik çalışmalarında, özellikle hidro-jeolojik alanların kurulmasında» lös kaynaklarının karşılaştırılmasındaStratigrafik ilişkilerin ve malzeme ile aynı yaştaki (Ananyev, 1964; Mozgovoy, 1978) tabakaların, bulunmasını mümkün kılar,. Çökeller üzerindeki, kayıtlar iklimsel, çevrim ile yakından ilgili olup dünyanın çeşitli kısımlarındaki töslerde: aynı yapı. ve eş zamanlı formasyonu oluşturur... Löslerin bölgesel ve kıtalararası, değerleri, mühendislik amaçları için uygundur. Birkaç araştırmacı yerel ve bölgesel, olarak lösün. stratigrafisini batı. Avrupa ve Rusya arasında, karşılaştırmışlardır. {Ananyev ve Mozgovoy» 1976; Krayev, 1971),, A,BD. ve Cindeki tösler için aynı karşılaştırma geçerlidir.

Löslerin sistematik analizini anlamak ve dünyanın farklı yerlerindeki özellik ve bileşim genel karakteristiklerini kurabilmek için kuzey yarımküredeki iklim ve yer şekli örneğinin temel özelliklerini içine alan lös kaplı alanları iki kuşağa ayırmak uygundur. Lös çökellerinin güney kuşağı "A Kuşağı", bu kuşak çöl ve kurak steplerdeki iklim ve yer şekli zonunu içine alır. Halihazırda statik, su rejimini içinde bulunduran havalanma zonu "ölü kısım" diye adlandırılır. (Balayev ve Tsaryov, 1964). Bu zon lös şekli, ve onun özelliği çökme ve 'katılaşmayı içinde bulundurur. A kuşağı, Cindeki lös bölgesi» Orta. Asya bölgesi ve doğu Kafkasya ile Rusya içindeki, güney Ukraynayı kapsar. Tablo 1 de görüldüğü gibi A. kuşağındaki

lösler kalın olup 30-40 metre derinliğe kadar<sup>1</sup> çökebilir. Malzeme oluşumu, toprağın üst kısımlarında % 56-60 a kadar ulaşan parazite ve plasüsite indeksi tedricen, azdır. A kuşağı lösler tipik olarak açıksan renkte: ve homojen görünümündedir. Bu lösler siltli kumlar ve düşük nemde hafif organik maddeli killi kumlu sert. topraklar<sup>1</sup> (loam) şeklinde temsil edilirler;.

Bu tip topraklar tanesnel yapıda olup<sup>1</sup> kil içeriği, olarak hidromika ve kaolinitte oluşur. Yüksek, derecede su emici olan lös toprakları erozyona yatkındır., Çökemedeki basınç 0,05 Mpa dan azdır ve bazen. 0.03-0.02Mpa arasındadır. Nispi çökemenin magnitude normal şartlarda %9'un altındadır. Basınç 0.03 Mpa. iken. bu durum % 15-20'ye kadar çıkabilir. Lösün oturması, ona çökme karakteri kazandırır... Lös topraklarının yer çekimine bağlı çökmesi 50-100 santimetrelere ulaşır. Sulama kanalı ve hidrolik yapıların altındaki lös malzemesi 2 veya daha fazla metrelerde çökme defonmasyonuna maruz kalır,. Buna asıl erozyon, ve borulardaki çatlaklar eşlik eder,. Orta Asya'daki kanatlardaki çökme 3 metre derinliğe kadar ulaşmaktadır... Step ve ormanlık zonlarda bulunan diğer lös çökeileri. alanları "B kuşağı" olarak tanımlanır, ve yüksek çökme oranı ile karakterize edilir. Buradaki toprak, nemi içeriği, A kuşağı'na nazaran, daha fazladır. Fakat saturasyona ıdışacak kadar yeterli değildir,. Bu gerçeğe bağlı olarak lös topraklarının tipik görünüşü ve özellikleri aynı kalır,. Böyle- topraklar indeksi özelliklerinin bir geniş dizilimi ile karakterize edilirler., Koyu renklerin, hakim olduğu loam, ve kilin, porozite oranı. %59-56 ve %35-31 arasında değişir, (geçerli ortalama değer %40-48'dir). Toprak tabakasının genel kalınlığı A kuşağına nazaran daha azdır. Genel bir dizilimde kalınlıklar 1.0-20 m., ve lokal olarak 30-40m. arasındadır. Nispi çökemde, çökebilir tabakanın kalınlığı ve potansiyel çökme çeşitli olup geniş yayımdadır, fakat A kuşağındakindeo azdır' ve 20-30 cm'ye kadar ulaşır,, nadiren fazladır. Yerçekimine bağlı çökmeye değer biçilemez, Aşındırma yayılımı farklı olabilir» fakat Dörmal.de A kuşağı'ndakinden daha azdır,,

A kuşağı lös toprakları 2. sınıf çökme özelliğine sahiptirler», örnek olarak yerçekimi etkisi altında çöken lös malzemesini, verebiliriz. B kuşağı toprakları 1. derecede çökme özelliği gösterirler ki bunlar binalar ve yapılardan gelen, yük olup yerçekimine ait. çökme ya yok. yada 5 cm'den azdır.

3-7 metre arasındaki derinlikle oluşan nem, içeriğinin mevsimsel değişiklikleri "B kuşağı" töslerinin bir özelliğidir... Nem içeriğinin düzensiz değişimi % 3-9 .arasındadır. En düşük nem içeriği, yazın. Ağustosta, kışın Ocaktadır. Nem içeriğindeki artış ilkbahar<sup>1</sup> ve sonbaharda gözlenmiştir. Mevsimsel değişikliklere bağlı çökme 1» 5-2 kez olabilmekte (Ananyev, 1964) bu da yapıların ve binaların altında, bulunan lös topraklarının çökme kapasitesinin saptanmasında, önemli hatalar oluşturabilmektedir. B kuşağı löslerin diğer bir özelliği.

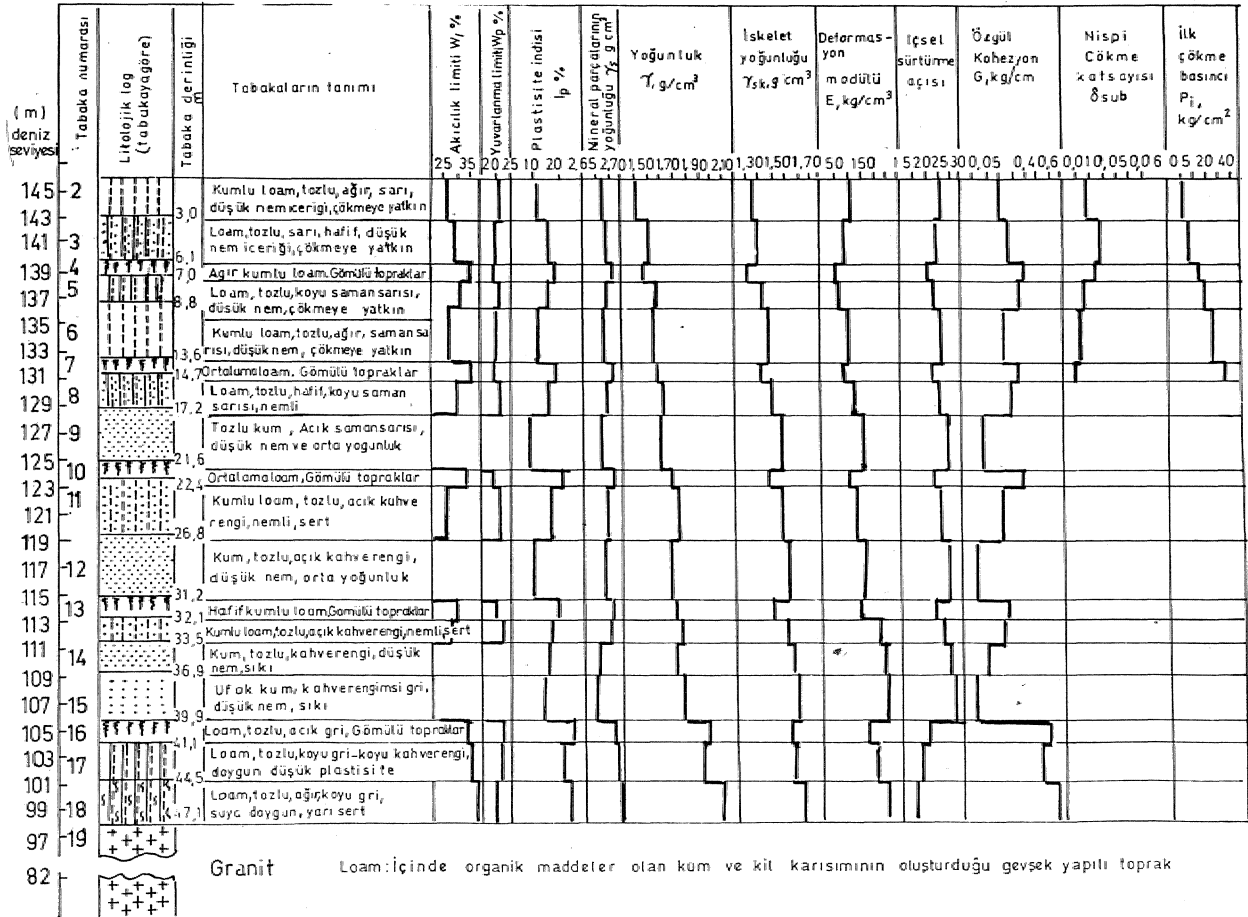
ise iyi bir şekilde gelişen, ve düşey bir hattaki bileşim indislerinin tekrarlanmasını gösteren interglacial topraklar tarafından tanımlanır. Modern ve eski toprakların altında bulunan her ince tabakanın üstü ve eski lös topraklarının tabanı kil ve montmorillonit bakımından zengin olup artan yoğunluk nedeni ile ileri, derecede bir agregasyon gösterir: Genel olarak çökmeyen lösler eski ince toprak tabakaları arasında geçirimli bir ortam oluştururlar.

## TOPRAK YAPISI

Araştırmalar (Ananyev, 1964., Mozgovoy, 1978; Mozgovoy ve diğ. 1976) toprak oluşum proseslerinin düşey bir fiat boyunca» lös topraklarının özelliğine» yapısına, bileşimdeki dağılmaya, ve oluşumuna etki ettiklerini göstermiştir. Kuru lös malzemelerinin temasına bağlı toprak tanecikleri ile onların agregasyon arasında doğal bir ilişki vardır. Böyle temaslar üç şekilde olabilir. 1) Tekrar agregasyon oluşturmayan duraysız bir arada, bulunuş, 2) Geçiş, 3) Kristal ve birikme yapılarından oluşan faz şekli. Toprakların diajeoetik değişimi ile oluşan son tip» geniş yayılımı olan geçirgen ortamlardaki tuzlu eriyiklerin kristallenmesine bağlıdır.

Lös malzemelerindeki yapısal elemanların bir araya gelmesi ve agregasyonun oluşma hali kimyasal reaksiyonlara bağlıdır. Tuz kitleleri eriyebilen tuzlar içerebilir (NaCl, KCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) doygunluktan sonra çökme oluşur. Sınırlı çözünebilir durumdaki minerallerin (CaSO<sub>4</sub>, CaCC%, MgCO<sub>3</sub>) çökmesi uzun bir zaman periyodunda olur. Buradan, birkaç yazar tarafından yapılan araştırmalar göstermiştir ki kil mineral bağlan, yapısal elemanların karşılıklı hareketinin hakim, bir tipidir. Bazen, kil minerallerinin yayılmana bağlı çökmeyi önleyen ve lös malzemesinin tabiyetine etki eden killelerin bir arada bulunması agregasyon oluşumuna yardımcı olur. içinde kil çimentonun bulunduğu lös topraklarının deformasyonu, kil minerallerinin içeriğine ve toprağın yoğunluğuna bağlı kompleks fiziksel ve kimyasal prosesler sonucu oluşur.

Yukarıda bahsedilen lös toprakları çok çabuk suya doygun hale gelirler. Bu işlem iki dakikada olur. Su emme oranı  $K_s = t/2$  (buradaki t zamanı, 2 ye 2 cinslik toprak numunesinin su emme sürecidir), bu oran kilerde 1 'den fazla, lös topraklarında ise 1 den. az olur. Su emme şartları altındaki lös topraklarının, dayanıksızlığı çok kolay sıvı hale geçmeleri ile açıklanabilir.,  $WL = 0.30$  •olduğudaki nem içeriği alınmalıdır, geçiş oranı  $WL/$



Şekil 1 Lös çökellerinin anafiziko-mekanik indislerinin değişimlerinin dönemseüğü

**0.03 tir.** WL özgül toprak mumunesinin likit limit değeridir. Bu değer Killerde 1 den fazla lös topraklarında 1 den azdır. Bazı örneklerde bu. değer' 0.6 ya kadar iner. Hem statik,, hem.de dinamik düşük yükler lös topraklarını sıvı bale kolayca, geçirebilir. Bu durum düşük erozyon direnci, yüksek çökme kapasitesi ve diğer' eksojen proseslerin gelişimi ile olur. Beraber borulama ve çökme, maksimum çökme prosesleri eolyen, de luviyal-eolyen ve deluviyal-proluviyal lös topraklarında gözlenmiştir.

Eolyen ve eolyen-deluviyal lös toprakları düşük nem içeriği, ve sıkılanmış, taneseli yapı ile yüksek porozitede kim silt ve hafif organik madde içeren kumlu kili eşit düzeyde bulundurur ve bunlar kalın çökeller oluştururlar.

Düşey çatlakların çok. iyi gelişmesi ayrı horizonlardaki yüksek porozite, tabakalaşma ve taneseli bileşimdeki çok fazla. olan. üniformsuzlukların sonucu olup bunların hepsi tipik olarak deluviyal-proluviyal lös topraklarıdır,.. Böyle topraklardaki çökme yapıya, bağlı ekstra bir yük oluşur.

Yüksek, nem, içeriğine: sahip kil ve organik maddeli, kum kil bileşimindeki deluviyal. lös toprakları çökmeye yatkındır.

## LÖSLERDE YAPILAŞMA İLE İLGİLİ PROBLEMLER

### Yayıma

Lös topraklarında yapılaşma ile ilgili faaliyetler yayılma-çökme deformasyona tarafından karmaşık hale gelmiştir. Bu özellikle hidroteknik yapılanma için doğrudur. Yayılma-oturma salama, kanallarının çökmesine ve büyük çayların ve hatta tabanı düzensiz çukurların oluşmasına neden olur. Lokalize olmuş çöküntülerin bir hat boyunca uzanması yayılma-çökme-prosesinin bir işareti olup çöküntü çukurlarının

oluşmasını sağlar. Bu prosesler bölünmüş yamaçlar geniş vadiler,, çukurluklar' ve az çeşitteki lös topraklarında çok yaygındır., Mekanik, yayılma, kolay saturasyon, yüksek, porozite, çatlakların dikey gelişimi,, hayvan barınakları , tabakalaşma ve homoj en sızlık, vasıtasıyla ilerlemektedir,..

Mekanik yayılma, üzerinde çakılların bulunduğu lös topraklarında yaygındır. Burada töslerin, içinde bulunan çakıl, zonunda so infiltrasyonu gözlenmiştir. Bu prosese tipik olarak yüzeydeki yayılma, çökmesi eklenir,, Dik yamaçlarda kuvvetli yayılma, ve çökme prosesleri; katastrofik çöküntüyü oluşturur.

### Çukurlaşma

Çukurlaşma çok yaygın olarak deluviyal ve deluviyal-proluviyal lös topraklarında oluşur. Çok aktif yığananlar' dik. yamaçların, aynı rölyeflerinde gözlenmiş ve önemli miktarda çökme; olmuştur.,

Çukurlaşmanın aşamaları 1) Başlama 2) Aktif çukurlaşma 3) Yan erozyonun kuveetlendirilmesi ve boyuna, durayh profilin, oluşmasıdır. Son aşama, ise, " çukurlaşma, aktivitesinin soo bulmasıdır.

### Yerkaymaları

Yerkaymaları deluviyal ve deluviyal-proluviyal lös topraklarında çok. yaygın oluşur., Yerkaymalarının yoğunluğu, zeminin düşük direncine» tabakalaşmaya ve yapısal "bağların duraysızlığına bağlı olup tabaka, erozyonu şev dengesindeki burulma yerkaymasını oluşturabilmektedir;\* Aktif heyelanlar büyük derin çatlaklı tlmşegimsi şekiller gösterirler., Durayh yerkaymaları an az önemli tümşegimsi yüzeyler ve çayırılık alanlar ile karakterize erimişlerdir' ve tabii dengesi bozulduğunda harekete hazır haldedir. Dik yamaçlar ve yoğun yağmur' sonucu oluşan yer' kaymaları ve çökme prosesleri aynı zamanda formasyon, çatlaklarına neden

Bölge	Kalınlık (m)	Kil tanelerinin içeriği (%)	Doğal nem (%)	Plastisite sayısı	Porozite (%)	Çökme Karakteristikleri		
						Çökme kalınlığı (cm)	Relatif çökme P=0,3 MPa	Çökme magnetüdü (cm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cin, lös bölgesi (A kuşağı)	17-50 (Her seri) toplam 400'e kadar		8-25	0.06-0.14	45-58	12-17	0.010-0.126	8-100*
Rusya Asya kısmı dağ eteği ve dağlık alanlar (A kuşağı)	10-100 130'a kadar	3-40 (6-22)	1-30 (6-17)	0.02-0.18 (0.03-0.11)	34-60 (42-52)	4-40	0-0.15 (0.01-0.07)	lokal olarak 300'e kadar değişir
Orta ve güney Kazakistan	1-12 25'e kadar	2-37	2-35 (12-17)	0.03-0.29 (0.07-0.15)	30-59 (41-47)	cesitli (0.02-0.08)	0-0.17	değişir cesitli
Batı Sibirya güney sahəsi	40'a kadar	4-23 (11)	6-32 (8-15)	0.04-0.19	38-56 (44-48)	3-20	0-0.09 (0.02-0.03)	cesitli
Batı Sibirya merkez sahəsi	3-15	4-36	5-39 (12-17)	0.04-0.21 (0.13-0.16)	31-59 (40-45)	3-5	0-0.7 (0-0.02)	5-15 30
Rusya Avrupa kısmı Transcaucas	1-30	6-26	8-20	0.07-0.17	38-60 (40-50)	cesitli 30'a kadar	0-0.14 (0.02-0.03)	cesitli
Doğu Ciscaucasia (A kuşağı)	7-80	6-37 (15-21)	6-15 (8-12)	0.07-0.12 (0.08-0.10)	40-56 (48-52)	5-35	0.21-0.166	yerinde 8-100 150-200'e kadar
Don ovası ve Azov deniz sahil bölgesi	10-30	12-45 (20-32)	9-26 (12-17)	0.10-0.22 (0.12-0.16)	33-45 (38-42)	4-12	0-0.036	2-20
Ukrayna, Güney Rusya lös sahəsi (A kuşağı)	7-50	3-36 (14-27)	4-36	0.02-0.34 (0.13-0.22)	31-58 (39-47)	1-30	0.0197	7-150
Ukrayna, Orta Asya lös sahəsi	7-15	2-25	3-36	0.02-0.18	33-59	4-7	0-0.044	7-60
Kuzey zonu	0.2-3 10'a kadar	2-36 (8-17)	9-34 (15-22)	0.02-0.33 (0.05-0.13)	31-49 (37-43)	2-3	0-0.01	bazı yerlerde önsüz 0-100
Romanya	3-40	10-35	6-22	0.02-0.27	35-51	2-20	0.01-0.13 (0.02-0.10)	0-100
Polonya	8-10	4-21 (8-13)	5-26 (12-15)		36-40		arazi metodları ile belirlenmiştir	
Cekoslovakya	2-19	14-29	15-18	7-18	39-42	küçük	0.003-0.035	küçük

**Tablo 1** Kuzey yarımküre ülkelerindeki lös topraklarının özellikleri ve kalınlıkları

olurlar, Tansiyon çatlakları boyunca çökme gerginliğine bağlı düşey basamak hareketleri,, yeni çatlak sisteminin oluşması, yamaç aşağı ayrı blokların kayması ve düşmesine oeden olur.

#### Yeraltısuyunun Etkileri

Deluviyal-pcoluviyal ve eolyen-deluviyal lös alanlarındaki gözlenen doğal doygunluğun kökeni gömülü toprak, tabakaları ve yerdeki yüksek kil içeriği ile yakından ilgilidir... Yeraltısuyunun akışına, oedeo olan istenmeyen şartlardaki fazla, sulama, barajlar ve kanallardan yoğun olarak sızan sular,, lös formasyonlarına sızması zor olan. yüzey sulardır, Bo kirala göre homojen eolyen lös bölgelerinde yeraltısuyu seli oluşmaz. Şehirlerde» çökme proseslerinin yaygın olduğu alanlarda yeraltısuyu akışı vardır. Yeraltısuyu seli, çoğunlukla lokal drenajlar hariç (küçük nehir, çıçurioklar vs.) rezervuarları dolması hidrotekniksel yapılaşma, faaliyetleri^oio (Havuzlar, gemi limanları) sonucu,, yeraltısuyunun artışı ile olur. Su kanallarından sızan sular asfaltlama çalışmalarının neden, olduğu öz-yeralıakışının hacmi miktar olarak veya çökme nemini oluşturan akış fazlası, ile karşılaştırılabilir. Yeraltısuyundaki değişiklikler yalnız teknojen faktörlere bağlı kalmayıp eksojen ve endojen olayların doğal düzensizliklerine bağlıdır. Bütün bu faktörler yeraltısuyu seli, öz-yeralıbsuyu seli» doğal değişimler, bağımsız hareket, etme veya çok sık eklem. oluşması, lös topraklarındaki çökme gerilmelerine sebep olur.,

Yeraltısuyu seviyesi artışı son. 10-20 yıl içerisinde yerleşim alanlarında İm/yıl» büyük endüstriyel yatırım alanlarında 0.5 m./yıl dır. Yeraltı suyu seviyesindeki artış 0.2-0.5 miyıl oranında olarak ve yeraltısuyu selinin gelişmesi zirai alanlarda ve ztraate ait faaliyetlerde gözlenmiştir. Yeraltısuyunun gözle görülebilir 1-1.5m./yıl artışı hayvan çiftliklerinin yapıımı esnasında gözlenmiştir. Sılama faaliyetleri yeraltısuyunun artışına neden olmaktadır. Sulama-rejimindeki düzensizlik ve aşın. sulama sonucu, artış 2m Jyıl olmaktadır.

Dinamik gelişme: çalışmaları, göstermiştir ki lös topraklarında asılı yeraltı suyu mercekleri kaim tabakalar üzerinde bulunur. Mercekler su kaynaklarının bulunduğu yerde tedricen büyür, birleşir ve yeraltısuyu seviyesinin üzerinde dom şeklini alırlar... Bu kaynaklar su teknolojisi proseslerini," hatalı, yeraltı, boru hatlarını, sulama yapılarını içermektedir. Sonuçta, damlar çeşitli şekilde kırılmayan yüzeyde birleşip yeraltısuyu tablasını oluşturur. (Ananyev ve Mozgovoy» 1976). Lös toprakları alanlarında olduğa gibi» etkilenmesi zor olan ve soya. dirençli tabakaların yanında bulunan organik maddece zengin killi kem ve killer yeraltısuyu seline maruz kalırlar. Çukürüklerle kesilen lös alanları doğal drenaj sistemi oluştururlar. Koni üzerinde bılınan. löslerde yeraltısuyu seli oluşmaz.

## LÖS ALANLARINDAKİ İNŞAAT YÖNTEMLERİ

Dünyanın pek çok bölgesinde en bereketli topraklar lös üzerinde oluşur. Bu alanlarda çok yaygın olarak büyük zirai tesisler,, endüstriyel yatırımlar ve kültür merkezleri vardır. On yıldır çeşitli ülkelerde yapılan inşaat deneyimlerinde lösler üzerindeki yapılarda bazı metodlar geliştirilmiştir...

Lös toprakları üzerindeki yapılaşma işi esnasında ortaya çıkarı • prosesleri kontrol için ve kullanımda yapıların sağlamlığının gerçekliğini teinin için. iki yaklaşım vardır. Birincisi, yapının sağlamlığını öyle bir şekilde geliştirmelidir ki daha sonradan, oluşacak beklenmeyen kuvvetlerin etkileri yapının sağlamlığını bozmayacak şekilde olmalıdır,, İkincisi,, yapının çökmeden •doğacak etkilerini azaltmak veya yoketmeyi amaçlayan önlemlerdir.

Yapısal metodlar ve çevresel koşullar' altında inşa edilen yapıların çok çeşitli oluşu, diğer yapısal şartların incelenmemesini gözardı etmemektedir.

'Temel tipini bulmak ve yapı duraylılığını anlamak için üç tipik faktör' vardır (Tablo 2). 1) Temel toprağının iyiliği; 2) Temel toprağının geliştirilmesindeki teknolojik önlemler; 3) Temel, takviyesi için yapılaşma ölçümleri.

İleş gelişmesindeki ölçülen verilere dayanarak, bulunan dizayn safhası ile temel tipi tayin edilir. Nemyoğunluk değişmesi ile zemin sıkışmasını sağlayan yapının duraylılığına minimum teknoloji, önlemleri yeterli, gelecektir. Zemin bileşimini değiştiren, veya binaların suni temellerini doraylı hale getiren önlemler, yapılaşma ile ilgili önlemler olarak anılacaktır.

Yapı ve temel için duraylı önlemler, yapı ve onun ölçüğü, ile gelen yük. tipine bağlıdır. Birinci ve ikinci tip yapısal, temeller genellikle az: ve orta. ağırlıktaki binalara, yeterli olacaktır. Özellikle çöken zemin üzerine inşa edilen yapılar için üçüncü tip temel kullanılır..

İnşa metodları yapıları geçen yüklerin tabiyetine bağlı olan üç türlü plan ayırt edilmiştir, a) Temel zeminde ıslanma olmaksızın statik yüklerin geçişi; b) temel zeminde muhtemel ıslanmak statik, yükler; c) önemli dinamik yüklere, geçiş.,

### ÇÖKMEYE KARŞI ÖNLEMLER

Tablo 2 deki\*detay önlemler,, temel üzerindeki yapının duraylılığını garanti etmiyorsa yapının dizaynını, değiştirmek gerekir. Elemanlarının bazdan çökme etkilerini kollanarak veya. diğer yapısal tedbirleri alarak beklenmeyen gerilmeleri yok. edebilir ve yapının çanısındaki kuşakları kuvvetlendirebilir.

Çökme öncesi tedbirler ile birlikte temeli ' iyileştirmenin ekonomik, gelişmesinin, etkinliği» bir m.3 toprağın tehlikeli olması veya yapısının, kısmen, bozul-

Temel Tipi	Sınıflandırma		
	a	b	c
1			Altere olmuş yapısal dizaynlar
2	Islanma Şahmerdanla sıkıştırma	Patlama ile sıkışma Titreşim sıkışması Dinamik sıkışma Buhar uygulaması	" "
3	Kum Örtüleri  Yer örtüleri Termal oturma Yer kazıkları	Silisli jel Enjeksiyonu  Gazlar ve çözeltilerle Oturma	Daha derin çöken tabakalar üzerindeki temellerin yapısı

Tablo 2: Temel-yapı sistemi duraylılığını amaçlayan önlemlerin seçimi

Havalandırma zonu rejimi su tipine bağlı karasal alan gruplaması 1	Doğal şartlar altında oluşan prosesler 2	Teknolojik faktörlerin etkilerinin sebep olduğu prosesler 3
A Kuşağı Havalandırma zonunun süzülmeyen rejim alanı	Lös topraklarının korunması: yüksek çökme özellikleri, yapı, ana bileşimin korunması	Lös topraklarında azalma: sulama alanlarındaki su filtrasyonunun artması; su taşıyan kanallardan sızan suyun neden olduğu sulanma ve ıslanma; artıklar ve endüstri infiltrasyonu; su kütlelerinden süzülme; yeraltı suyunun artması; yeraltı suyu seli
B kuşağı Havalandırma zonunun süzülen rejim alanı	a) Üst seviyedeki lös tabakalarındaki nemde mevsimsel değişiklikler ve çökmede değişiklikler b) Lös topraklarının azalması; Yayılmış taneciklerin içeriğinde tedrici artış, hidromika-montmorillonit ve montmorillonit gibi karışık mineral tabakalı, agrega yapısındaki artış; çökmede kaybolana kadar azalış. Tabakaların en üst kısımlarında (toprağın altında) ve tabakaların alt kısımlarında (gömülü toprağın üstünde) ki prosesler, üstten alt tabakaya doğru karakter artışı.	Lös topraklarının azalması sonucu; yüksek killilik; hidrofili; kil minerallerinin dönüşümü (karışık tabakaların oluşumu hidromika-montmorillonit, montmorillonit); agrega yapısının artışı; yüksek nem içeriği ve hacim ağırlığı: çökmede kaybolana kadar azalış.

Tablo 3: Modern Çağda lös topraklarının özellikleri ve bileşimsel gelişmelerin trend ve dinamikleri

masını düşünmeksizin sıkıştırma, ve tespit maliyeti ile diğer maliyetlerin birlikte değerlendirilmesi ile bulunur. Hasanı, tahinini karmaşık bir problem, olup çözümü özel hesaplama metodlanm gerektirir.,

Genel durumlarda çökmeye karşı önlemlerin etkisi,, yapıların, maliyeti, hizmet süresi ve kazançlılığı ile anlaşılır. Her oranda, çökmeye karşı olan önlemlerin maliyeti tespit editais kazançlılık ile orantılıdır., loşa alanıdaki çökme prosesleri komşu alanlar» ekonomiler ve ekoloji terimlerine olumsuz etki ederler. .

Çökmeye karşı, alınan, önlemlerin etkisi» alanın planlama, ve gelişme sahalarının düşünülmesi ile geniş, ölçüde arttırılabilir. Lös izerin.de şehir ve diğer bölgelerde, yeraltı sularının sellenmesinin kontrolü sadece tek tek yppılara bağlı olmayıp bütün alanın bu kapsamda düşünülmesi ile orantılıdır., (Drenaj aktiviteleri, alanın sevyelendkilinesi,, su taşıyan boruların izole edilmesi)

Çökmeye karşı önlemlerin ' planlanmasının. esas gayesi» olası neticeleri, yok etmek değil, lös üzerindeki yapılarda, beklenmeyen kuvvet gelişmelerini yok etmektedir. Böyle bir yaklaşım» geliştirme safhası başlangıcında büyük harcamalar gerektirir. Fakat büyük üretim kayıplarına engel olur.

Çökmeye karşı önlemlerin etkinliği, yapıların analizi ile lös topraklarının bileşimleri ve durumuna dayanmalıdır.

## ÖZET

Lös toprakları sıcak, ılıman iklimlerim stMüğü Avrupa, Asya» Güney Amerika'da,, çok az olarak Afrika ve Avustralya'da bölgesel formasyon karakteristiğindedir. Arid step ve yan step bölgelerinde gravite oluşumuna bağlı önemli çökme prosesleri kalın lös. çökellerinl oluşturur. Lös toprakları yoğun nüfusun bulunduğu endüstri, zirai ve inşaat alanlarında oluşurlar.

Lös ardalalanmalan ile karakterize edilen lös tabakalarının, tekrarlanan yapısı ve özellikleri» mühendislik, ve jeolojik amaçlı lös çökellerinin stratigrafik analizine temel teşkil eder.

Lös toprakları ıslandığında çok kolay büzülüp, yapılar için çok tehlikeli durum gösterirler, Çökelmenin etkisi altında kalam lös topraklan üzerindeki yapılaşma işi, mtitemdisllk veya yapısal önlemleri blrarada bulundıabilmekle mümkündür.

Vados veya. yeraltı suyunun, artışı ile oluşan yeraltı suyu selimi önleme ile lös sahalarının artışı planlanmalıdır, Günümüzde: lös topraklarında havalanma zonunda nem rejiminde farklılık, yavaş sübsidansta .azalma. kulesine, kil minerallerinin tedrici dönüşümü zayıf bir

çökme ile sonuçlanan lös özelliklerinin değişimi gözlenmektedir (Tablo 3). Sahaların ekonomik gelişmesi ve mühendislik faktörlerindeki teknolojik artışlar lös topraklarının, azalmasına neden olmaktadır.

## KAYNAKLAR:

- Ananyev V.P. Loessial Soils,, mineral. Composition and Properties of Rostov- on-Don. Rostov University Press, 1.964,
- Ananyev V.P., Mozgovoy O.I. Stratigraphy of Loessial Deposits Im Dagestan. Foothill Valley,, Report, Academy of Sciences of USSR» 1971, VoL 196, No: 5.,
- Ananyev V.P., Technical Melioration of Loessial Soils. Rostov-on-Don. Rostov University Press, 1976.
- Ananyev V.P. Mozgovoy O.I. Stratigraphy of Loessial Deposits,. Problems of Loessial. Soils, Footings and Foundations» Issue 6, Rostov-on-Don., Rostov Civil Engineering Institute« 1976.
- Balayev L.G., Tsaryov, P..V. Loessial Soils of Central and Eastern. Fore-Part of Caucasus, M., Nauka Publishers, 1964.
- Krayev VJF. Engineering-Geologic Characteristics of Ukrainian Loessial Soils,. Kiev» Maukova dumka» 1971
- Krieger N..L Loess, Its Properties and Connection with Geographic Environment;.. Moscow, Nauka Publishers,, 1965.
- Kokla I. Survey of Czechoslovak Quaternary: Quaternary Sedimentation Cycle. Czwarantzed Europy Srodkowej i Wschodniej c. I. Wars.za.wa, 1961,
- Lugn A..L. The Origin and Sources of Loess... Univ; Nebraska Studies, N.S., No.26.
- Mozgovoy O.I. Prediction of Alterations in. Mineral Composition, of Loessial Soils» doe to Anthropogenic Water Saturation,, Problems of Loessial Soils, Footings and Foundations Investigations (Interinstitute, Collection of Articles). Rostov Civil Engineering Institute,, 1978.
- Mozgovoy, OX Ananyev V.P. Alterations in Clay Minerals of the Rostov Region Loessial Deposits, Caused by Infiltration Soil. Solutions. Problems of Loessial Soils, Footings and Foundations Investigations Issue 6. Rostov-on-Don,, Rostov Civil Engineering Institute,, 1976.
- Ohruchev V..A. Selected Geographical. Investigations of Asia. Vol. 3,, Moscow,-Geograpgyz, 1951.
- Sergeev E.M.,,, Golodkovskaja G.A. Ziangirov R.S., Osipov V.L.,,, Trophymov V.T. Soil Science. Moscow University Press, 1983.