

ENERJİ SANTRALLERİNİN İNŞASINDA JEOLJİNİN HİZMETİ*)

Dr. O. BAYRAMGİL

Son senelerde tabii ilimler, teknik ve sanayi ile müşterek çalış- ma neticesi, muazzam terakkiler kay- detmiştir. Jeolojik sahada bu gelişme, kimya ve fizikteki kadar kendini gös- termiyorsa da, küçümsenmemek icabe- der. Yeraltı ve yerüstü maden işletme- leri ve muhtelif sondajlarla sayısız sunî aflörmanlar meydana çıkar. 2000 met- reden derin maden kuyuları ve 5000 metrelik petrol sondajları dünyamızın yapısı hakkındaki bilgilerimizi arttırır- lar. İsviçre'nin ham madde bakımın- dan fakirliği pratik sahada jeologa az çalışma imkânını veriyordu. Alplerde ve Juralarda Tünel inşaatının başlama- sıyla jeologlara önemli ve pratik faali- yet sahası belirmişti; bunu müteakip menba ve taban sularının kaptajı ile bina inşaatı ve arazi kaymalarında da jeologlara müracaata başlandı. Son se- nelerde bu meslek adamları su enerji santrallerinin inşaatı bahsinde de söz sahibi olmuşlardır.

Dağlık arazide inşa edilecek enerji santralleri için en önemli husus, bü- tün sene yeknesak bir enerji elde et- meğe yarıyan suyun biriktirilmesi im- kânıdır. Bunun takdirinde jeologun şu ana sualleri cevaplandırması lâzım- dır :

(*) Memleketimizde su enerji santrallerinin inşası lüzumu kendini gün geçtikçe daha fazla hissettiriyor. Bu münasebetle Prof. Dr. J. CA- DISCH'in 8.7.1944 tarihinde Bern'de vermiş olduğu bu konudaki konferansında aldığımız notları der- leyerek burada neşretmeyi faydalı buluyoruz.

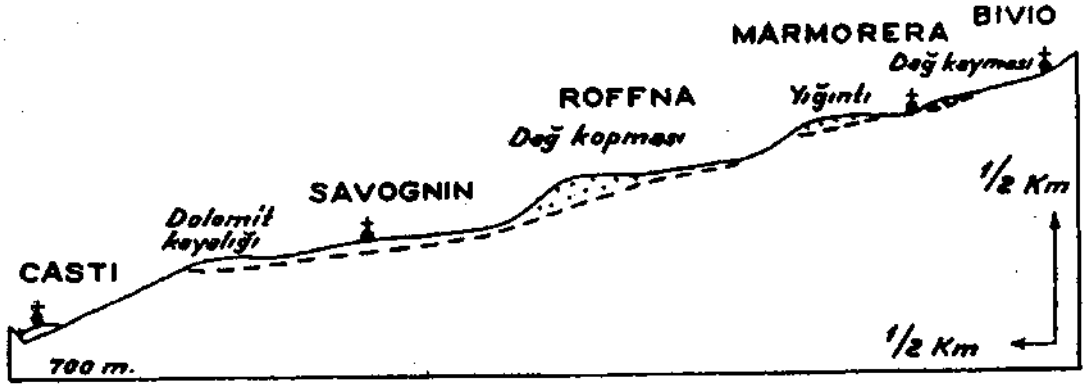
1) Taşı, inşa edilecek baraj duvarı için mukavim ve su geçirmez bir tabanı olan bir vadi daralması veya kayalık mevcut mu?

2) Suyun birikeceği kısımda taba- kaların su geçirme bakımından duru- mu nedir?

3) Bu kısımdan santrale gidecek su galerisinin geçeceği arazinin vazi- yeti nedir?

Şimdiye kadar yapılan incelemeler neticesi isviçre vadilerinde su biriktir- me imkânlarının nispeten az olduğunu söyleyebiliriz. Çok kere vadi daralma- sının, profilin tabii temadisi neticesi olmayıp, dağ kaymaları ile husule gel- miş olduğu tesbit olunmuştur. Bir mi- sal verelim :

Oberhalbstein'de dolaşırken bir sı- ra vadi merdiveninden sonra bir vadi tabanı serisine geliriz (şekil. 1). Bu vaziyet daha Yüzyılımızın başlangıcın- da enerji santrali inşaatlarının dikkat nazarını çekmiştir. Ancak 1 nci sıra yani Savognin, hakiki bir kayalıktır. Bununla beraber burada müsait dar bir baraj yoktur. İkinci sıra (Roffna) doğuda bulunan Piz Cuslm'dan kopup gelmiş dağ döküntüleri ile husule gel- miştir. Bunu tâkibeden yükseklikte (Marmorera), doğuda sert kayalık, ba- tıda ise muazzam kayına döküntüleriyle meydana gelmiş Castiletto vadi daral- masının gerisinde bulunur. Daha son- raki sıraları teşkil eden Stalvedro ve



(Şekil. 1)

Oberhalbstein'de Vadi Sıraları

Sıraların büyük kısmı dağ kopma ve kaymaları ile husule gelmiştir (noktalı). Bu vaziyette baraj inşaatı yapılamaz (J. Cadisch'ten).

Plang Canfer'de de mümasil durumlar müşahade olunur. Binnetice Oberhalbstein'de büyük baraj santralleri inşa edilemez.

Ovalarda arama neticesi, iyi taştan büyük bir kayalığın tesbiti daima meseleyi çözmez. Meselâ Meiringen ile Innertkirchen arasındaki Aare nehri tarafından geçilen Kirchet boğazı böyledir. LUGEON ARBENZ ve MÜLLER'in incelemeleri burda bugünkü Aare boğazından başka daha bir sürü eski boğazların da mevcudiyetini meydana çıkarmıştır. Buz devrindeki cumudiyeenin mevcut boğazı morenlerle doldurmuş olması, buz çekilince nehrin kendine yeni boğaz açması ve bu vaziyetin tekerrürleri, muhtelif boğazların mevcudiyetini izaheder.

Ekseriyetle pek iyi maskelenmiş durumda bulunan eski oyuklar mebzuldür ve ancak esaslı inceleme neticesi meydana çıkarılabilir. Bu oyuklar çok kere bugünkü vadi tabanı seviye-

sinin daha altına inerek baraj duvarları inşaatını güçleştirir veya gayrı mümkün kılarlar.

Bu hususta jeologun raporu tahmini neticelere varıyorsa, inşaatı başlamadan önce sondaj veya yarmalarla durumun behemahal tavzihi lâzımdır. Eski oyuklar pek küçük olmazsa, Jeofizik usullerle de bunların mevcudiyetlerinin tesbiti imkân dahilindedir.

Maggie vâdilerindeki incelemelerin gösterdiği gibi, vadi manialarındaki döküntü dolu kısımlar da yanılabilir. Kaya çıkıntılarındaki küçük girintiler çok kerre eski oyukların mevcudiyeti şüphesini uyandırır. Girintinin iki yanında yamaçlara doğru sırt kaya aflörmanı görülmezse bu şüphe kuvvetlenir. Esaslı inceleme çok kerre, eski bir oyukun mevcut bulunmayıp, yalnız, Alplerin teşekkülü sonlarında harekete gelmiş, kuvvetlice sıkışmış taşlardan mürekkep bir bölgenin mevcudiyetini meydana çıkarır. Bu umumiyetle dikey milonit bölgeleri

muhtemelen Sottoceneri - Seengebirge maden filonlarıyla münasebettardır. Bu nevi genç hareketler başka alpin bölgelerde de tesbit edilmiştir. Deprem sahalarında buldukları zaman baraj duvarlarının inşasında tedbirli olmak gerekir. Sık sık rastlanılan çatlak sistemlerine de çok dikkat-etmek icabeder, zira bunlar ekseriya su yolu vazifesini görür. Su geçirmiyen veya su geçirmez hale konan mania yüzünden baraj küveti de ekseriyetle su geçmez duruma girer. Fakat bir çok küvette manianın su geçirmez hale konması tamamen zahiridir, zira küvet yeraltı yollarıyla ve umumiyetle başka hattı içtimalara doğru su kaçıır. Bilhassa kalker arazide yeraltından suları kaçan göl ve oyuklardan, sularının büyük kısım yer üstünden kaçanlara hadar her türlü tranzisyon şekillerine rastlanır. Bir de, suyun biriktirilmesi neticesi meydana gelen tazyik yüzünden hasil olan yeraltı su yollarını zikretmek icabeder. Bir barajda bunun olup olmayacağını evvelden kestirmek çok kerre zordur. Lias kalkerinde bulunan Engelberg yanındaki Trübsee'de suyun muvakkat bir zaman için biriktirilmesi menfi netice vermiştir.

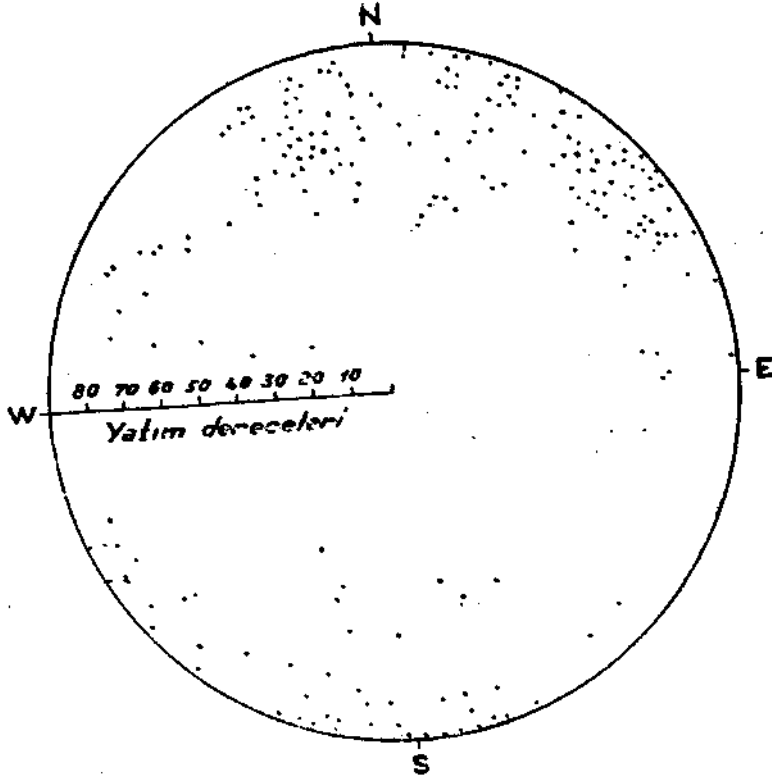
Suda eriyen veya suyu geçiren taşların, jips, anhidrit, rauhvak veya çatlaklı kalkerin mevcudiyetinin zanedildiği kadar çok su kaybını intaç ettirmeyeceği tecrübe neticesi bilinmektedir. Tabakaların vaziyeti, yani bu nevi taşların su geçirmiyen tabakalardaki durumu çok kerre su kaybına mani olur. Su geçiren ve su geçirmiyen, jeolog için nisbi tabirlerdir. Gnayslar arasında bulunan bir kalker şeridi su yolu olabilir; halbuki aynı kalker fazla kalınlıkta ve çatlaksız olursa su geçirmez. Pratik bakımdan taşların bu vasfı, teknik'in gelişmesiyle bulunan suyun geçmesini önliyen usullere

göre gündün güne değişir. Binaenaleyh artık suyu geçirir veya geçirmez denmiyecek, suyu geçirmez hale konur veya konmaz hususu açıklanacaktır.

Daha Waeggital santralinin inşaatında su kaçırın çatlaklar Jeoelektrik usulle tesbit olunarak çimento enjeksiyonu ile doldurulmuştur. O zamandanberi edinilen tecrübeler baraj mın-takasındaki bütün çatlakların jeolog tarafından tesbit edilerek istatistik olarak kaydedilmesi lüzumu merkezindedir. Bu şekilde çatlakların esaslı olarak çimento sütü ile doldurulmasını temin edecek sondaj deliklerinin açılmasının rasyonel bir şekilde yapılması sağlanmış olacaktır. Esaslı fakat petrografik-jeolojik incelemelere dayanan ve çatlakların ölçülmesini müteakip doldurulan küvetlere misal olarak Wallis kantonundaki Ilsee'yi misal gösterelim (Şekil 2 - 3). Büyük barajların inşasında mania profilinin ön ve arkasında olmak üzere umumiyetle sıra halinde yüzlerce sondaj deliği açılır ve muazzam miktarda çimento sütü ve kimyasal maddeler enjekte edilir. Bu suretle dağ su geçirmez bir perdeye bürünmüş olur. Grimsel barajında nisbeten iyi granit içine yapılan bu nevi iki perde için 912 ton çimento sarfolunmuştur.

Son zamanlarda bilhassa Amerika'da, muazzam miktarda çimento enjeksiyonlarıyla fena ve su geçirir taşlar üzerinde de baraj duvarları inşa edilmiştir. Meselâ Tennes gölü nehrinde oyuklu kalker üzerinde 80 metre yükseklikte bir baraj duvarı yapılmıştır.

Taşların su geçirmez hale konmaları usullerinin gelişmekte devamı yeni ümitler vermektedir. Bilhassa vadileri kapayan döküntü ve dağ kayması neticesi yığılmış kısımlarla morenlerin münasip metotlarla muamele edilerek su geçirmez hale getirilecekleri umula-



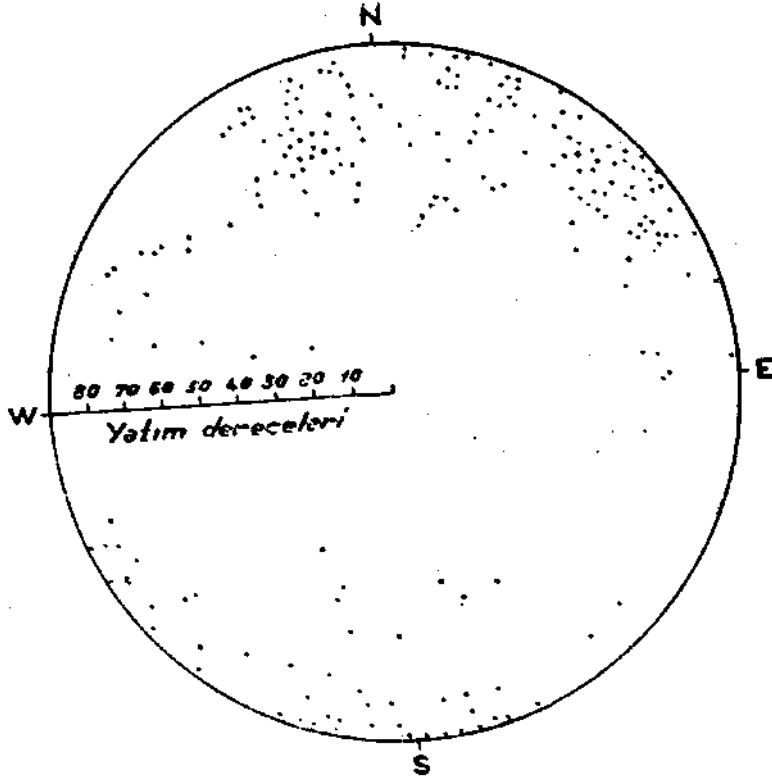
(Şekil. 2)

İlsee kayalığı çatlaklarının sferik projeksiyonla gösterilişi. Her çatlak bir nokta ile gösterilmiştir. Böylece diagramda her çatlağın yatım istikameti ile yatım zaviyesi belirlidir. NNW yatımlı çatlaklarda bir maksimum tesbit edilebilir. W ve E yatımlı çatlaklar nadirdir. NW yatımlı çatlakların tamamı kuvars ile dolu, diğerlerinin ise umumiyetle boş olduğu sahada müşahade edilmiştir. (E. Wenk'ten).

bilir. Bittabi bunun yapılması için ilk şart bu yığınların evvelâ hareketsiz hale konmasıdır. Taşların cinslerinin de bilinmesi lâzımdır, zira, çimento bazı taşlara, meselâ serpentine iyi yapışmaz. Cenova yanındaki Sella Zerbina barajı maniasının çökmesi bu vaziyete bariz bir misal teşkil eder. Bir de döküntülerin yığılış vaziyetlerinin ve kaçan suların, çimentoya tesiri bakımından, kimyasal terkiplerinin incelenmesi lüzumu vardır.

Yukarda bahis konusu edilen baraj meselelerinde, çok kerre küvetleri

örtün yığıntıların sözü geçmemiştir. Eğer küvetin tabanı su geçirmez özellikte ise bu yığıntılar pek önemli rol oynamaz. Halbuki taban suyu tutmazsa, su biriktirildiği takdirde yığıntı örtüsünün suyu tutmak için kâfi kalınlık ve su geçirmeme hassasına malik olup olmadığının tesbiti en esaslı konuyu teşkil eder. Bu maksatla, sondajlar yapılması gerekir. Küvetin kuru kısımlarında, mevcut kalınlıklar en çabuk olarak sismik sondajlarla meydana çıkarılabilir. Usul şudur: Suni bir deprem yaptığımızda husule gelen sismik dalgaların ilerleyişi muhtelif taş cins-



(Şekil. 2)

Ilsee kayalığı çatlaklarının sferik projeksiyonla gösterilişi. Her çatlak bir nokta ile gösterilmiştir. Böylece diagramda her çatlakın yatım istikameti ile yatım zaviyesi belirlidir. NNW yatımlı çatlaklarda bir maksimum tesbit edilebilir. W ve E yatımlı çatlaklar nadirdir. NW yatımlı çatlakların tamamen kuvars ile dolu, diğerlerinin ise umumiyetle boş olduğu sahada müşahade edilmiştir. (E. Wenk'ten).

bilir. Bittabi bunun yapılması için ilk şart bu yığınların evvelâ hareketsiz hale konmasıdır. Taşların cinslerinin de bilinmesi lâzımdır, zira, çimento bazı taşlara, meselâ serpentine iyi yapışmaz. Cenova yanındaki Sella Zerbi-na barajı maniasının çökmesi bu vaziyete bariz bir misal teşkil eder. Bir de döküntülerin yığılış vaziyetlerinin ve kaçan suların, çimentoya tesiri bakımından, kimyasal terkiplerinin incelenmesi lüzumu vardır.

Yukarda bahis konusu edilen baraj meselelerinde, çok kerre küvetleri

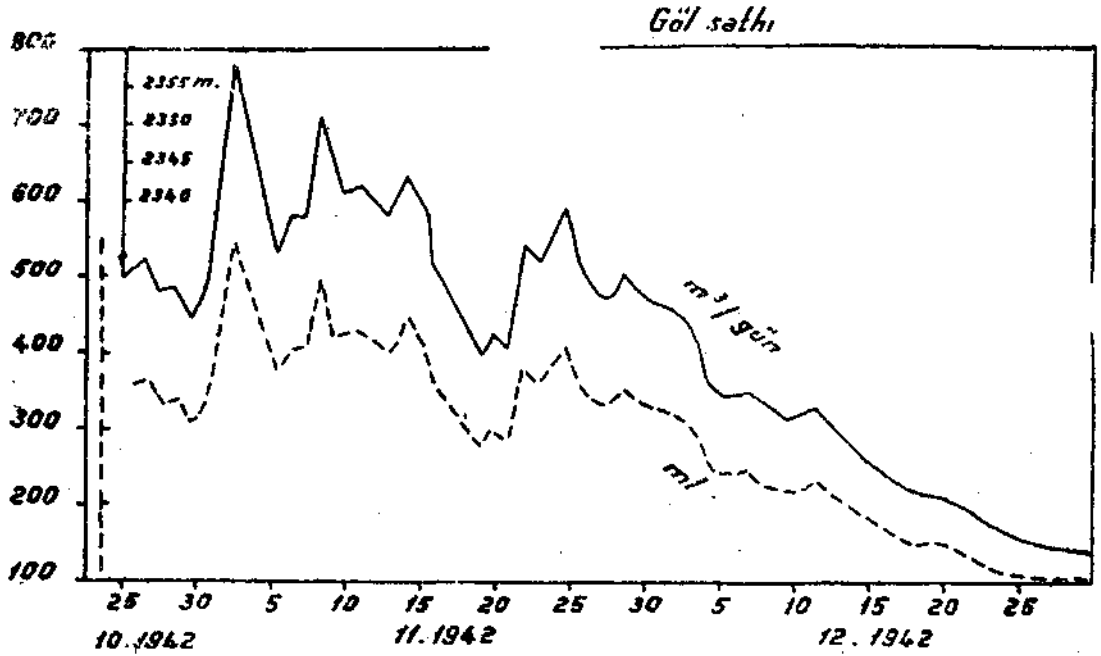
örtün yığıntıların sözü geçmemiştir. Eğer küvetin tabanı su geçirmez özellikte ise bu yığıntılar pek önemli rol oynamaz. Halbuki taban suyu tutmazsa, su biriktirildiği takdirde yığıntı örtüsünün suyu tutmak için kâfi kalınlık ve su geçirmeme hassasına malik olup olmadığının tesbiti en esaslı konuyu teşkil eder. Bu maksatla, sondajlar yapılması gerekir. Küvetin kuru kısımlarında, mevcut kalınlıklar en çabuk olarak sismik sondajlarla meydana çıkarılabilir. Usul şudur: Suni bir deprem yaptığımızda husule gelen sismik dalgaların ilerleyişi muhtelif taş cins-

leri ile yığıntılarda muhtelifdir. Bu, sertleşmiş taşlarda, yığıntı-halinde bulunanlara nispetle çok daha seridir. Demek ki, bu dalgaların aletimize tesir edinceye kadar geçen zamanları Ölçmek suretiyle, küvetin sağlam taş kısmı ile yığıntı kısmında katedilen mesafeleri hesaplayabiliriz. Bu mesafelerden de tabakaların kalınlığı çıkarılır. Ancak bu usulle elde edilen neticeleri bir iki sondajla kontrol etmek yerinde olur.

Küvetin, kazılma suretiyle, su hacminin mühim miktarda büyüüp büyüyeceğini tesbit hususunda da sismik sondajlar büyük rol oynar. Meselâ Wallis kantonunda bir küvetin jeolojik bakımdan aynı surette teşekkül etmiş iki cumudiye oyuğundan mürekkep olduğu, ancak bu oyuklardan birinin oldukça yassı, diğerinin ise

gayet derin bulunduğu sismik usulle tesbit olunmuştur.

Her zaman esaslı bir jeolojik tetkik yapma zarureti vardır. Zira umumiyetle her sefer yeni problemlerle karşılaşılır. Bilfarz bir göl tabanının su kaçırmadığı tesbit olununca, buraya inen vadinin taban suyunun göl suyu ile münasebeti olup olmadığını incelemek icabeder. Münasebet mevcutsa, gölün suyu alındıkta bahis konusu taban suyunun da alınacağını hesaba katmak icabeder. Davos gölü bu vaziyete güzel bir misal teşkil eder; halbuki meselâ Innsbruck civarındaki Achen gölünün su seviyesi ile buraya inen vadinin taban suyu satih seviyesi arasında direkt bir münasebet yoktur. Bu misallerden baraj mıntakalarının taban suyu ve menba suyu vaziyetlerinin, inşaatın başlangıç



(Şekil. 3)

Ilsee kayalığının su geçirmez hale konmasının ilk safhasını gösterir grafik. Sonraki çalışmalarla göl hemen hemen tamamen su geçirmez hale sokulmuştur. (J. Cadisch'ten).

tarihinden birkaç sene evvel tetkik ve müşahede edilmesi lüzumlu olduğu neticesini çıkarabiliriz. Bu husus, mineral veya termal sular, barajın yapılması tasarlanan bölgenin içinde veya yakınında fışkırıyorrsa bilhassa mühimdir. Bu nevi menbaların verdiği su miktarı ekseriya vadi suyunun miktarına bağlıdır. Bu tesir bazan münhasıran tazyika bağlıdır, yani sular katıyen birbirine karışmaz.

Böylece her sefer, yapılması tasarlanan bir baraj yüzünden, mevcut menbaın su miktarının azalıp veya çoğalacağını ve mineral muhtevasının bu bakımdan ne olacağını tesbit etmek zarureti vardır.

Baraj duvarı ile küvetinin jeolojik meseleleri tamamen halledildikten sonra sıra su galerisi yollarının incelenmesine gelir. Bazan serbest akış, bazan da tazyikli akış galerileri halinde inşa edilen su tünelleri çok kere dağı kilometrelerce katederek «su şatosu»nda tazyik borusuna varırlar; buradan su yüksek tazyik türbinine düşer.

Su galerisinin jeolojisi bir nevi tünel jeolojisidir. Vazifesi taşları yalnız mukavemetleri bakımından incelemek olmayıp, bunların aynı zamanda su geçirme ve suda erime özelliklerini tetkik etmektir. Bu incelemelerden sunî su yolunun betonla mı yoksa granitle mi sıvanması icabettiği veya sıvaya hiç lüzum olmadığı neticesi çıkarılır. Su enerjisi santrallerinin galerileri ekseriyetle yeryüzüne yakın yapılırlar. Bu vaziyet muayyen fasılalarla pencereler açılarak yukarıya ve eğer fazla su damarlarına rastlanmazsa, aşağıya doğru da çalışmayı mümkün kılar; bu suretle inşaat müddeti iyice kısaltılmış olur. Bittabi galeri üzerindeki tabakanın ince olması bazı tehlikeler doğurabilir. Dış tesirlerin de gnays gibi en sağlam taşlarda bile kendilerini derinlere kadar hisset-

tirdikleri malûmdur. 50 metreden fazla bir derinliğe kadar taş tabakalarının tahallüle uğramış ve vadinin aşağısına doğru kıvrılmış olması mümkündür. Fazla miktarda yapacağı pusula ölçüleriyle jeolog kaya komplekslerinin çöküntü ve kaymalarını da tesbit eder. Son 20 - 30 senenin tecrübeleri tazyik galerinin az derinde açıldığını gösterir. Bu sebepten Lihuls elektrik santralının su galerisinin kısmen yeni bir galeri ile ramplâse edilmesi zarureti hasıl olmuştur.

Bittabi daha derinlerde de galeri açılırken birçok tehlikeler karşısında kalınabilir. Çatlaklardan, delikli taşlardan veya kaymış bölgelerden akacak sular çok kerre güçlük tevhit eder. «Bergschlag» [*] lar da kaza ve zararlara sebebiyet verebilir. Ayrılan levhalar, ayrılma sırasında öyle bir deformasyona uğrar ki, tekrar yerine uyamaz. Bergschlag'lar, elâstik muvazene hareketi olarak, açılmış oyuk istikametinde vukubulur. Bunun hakiki sebebi, taşın özellikleri ve ağırlığın dağılışı ile husule gelmiş iç tazyik durumudur. İndifai taşların katılaşması esnasında bu nevi iç tazyiklerin teşekkül etmiş olması ihtimalinden de bahs olunur.

Alp tektoniğinde tâbiatiyle tektonik olayların bu konuda büyük tesirini kabul etmek icabeder (her şey bu olayların hâlâ devam ettiğini gösterir). Dağlarda muazzam iç tazyik muvazene nelerinin vukubulduğunu, yeraltından ziyade yerüstünde müşahede etmek daha kolaydır. Bu maksatla, satırları vadi versanlarına paralel olan ve binnetice teşekkülleri vâdininkinden genç olan çatlak sistemlerini tesbit ederiz. Dağ guruplarının devamlı çatlakları

[*] Granit, porfir, kalın sıralı kalker ve gre içerisinde açılan galerilerde büyük taş levhalarının patlarcasına satıhtan ayrılması.

neticesi dağ kopma ve kaymaları husule gelir. Bu olaylarla kıyas edildikte, sunî olarak husule gelen Bergschlag'lar pek ehemmiyetsiz kalır. Bilfarz Handeg santralinin inşasında büyükçe bir gnays kabarıntısı dikey olarak kesilirken takriben 100 m³ kadar bir levha birdenbire ayrılmış, yatay tabanda ise kabuk şeklinde kabarıntılar hasıl olmuştur.

Mümasil sual ve meseleler, tıpkı normal galeri inşaatında olduğu gibi yeraltı tazyik borularıyla yeraltı enerji santrallerinin inşasında ortaya çıkar. Evvelce tazyik boruları demir borular halinde yerüstüne döşenirdi. Ancak bunların sağlam taş üzerinde döşenebilmesi çok kere güçlükler doğuruyordu. Bugün sağlam taş mevcut oldu mu demir borunun yerine tazyik galerisi kullanılır. Bunun aynı zamanda askerî bakımdan ve az demir kullanmak bakımından faydaları vardır.

Büyük makina odalarının inşası eski bir mesele olan büyük yeraltı kovuklarının açılması ile mümkündür. Sağlam taşlarda, bilhassa plütonitlere bank halinde kalker ve grelerde bu iş zor değildir. Şist veya levhalı yapı gösteren taşlar içerisinde oyuklar için ise katların vaziyetini nazarı itibara almak mecburiyeti vardır.

Bu tesis hususlarının inşaatında

da, görülebilen mostraların detaylı inceleme ve sahih bir şekilde çizilmelerine lüzum vardır. Ancak bu takdirde, ilerde çıkması pek muhtemel beton tamiratında, arkada nasıl bir taş ve ne gibi çatlak veya kaymış kısımlar saklı bulunduğunu öğrenmek imkânı vardır.

Yukarda, teknik jeolojinin muayyen bir kolu hakkında kısaca bilgi vermeye ve bu fırsatla jeoloji ilminin, bazılarının sandığının aksine, hayat dolu olduğunu göstermeğe çalıştık. Bu ilmin tabiat tarafından insanlara hediye edilmiş, sayıca maalesef pek az ham maddelerin çıkarılmasında hizmeti pek büyüktür. Su enerjisini de bunlara dahil etmemiz yerinde olur.

Geçen Yüzyılın başında jeoloji kendi başına bir disiplin olarak kardeş ilimlerden ayrılırken, madenciler mineral ve taşların tasnifini yapmak, filonen ve sedimanter teşekküllerin kaidelerini bulmak ve bunları maden plânları ve jeolojik hartalara çizmek suretiyle jeoloji öğretiminde büyük hisse kazanmışlardır. Bu itibarla bugün jeoloji diğer meslek mühendislerine hizmetlerde bulunuyorsa ancak teşekkür borcunu ifa etmektedir. Bu mühendisler de bize hipotezlerimizin doğruluk ve tatbik kabiliyetlerini ölçmek imkânını sağlamaktadır. Bu teşriki mesai de ilmî gelişmeyi temin eder.